



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ NÁDRŽE
VLACHOVICE NA VODNÍM TOKU VLÁRA
A WATER MANAGEMENT ANALYSIS OF THE VLACHOVICE RESERVOIR ON THE
VLÁRA WATERCOURSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Veronika Rajsiglová

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL MENŠÍK, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Veronika Rajsiglová
Název	Vodohospodářské řešení nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára
Vedoucí práce	Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01). Brno: VUT, 2006. 120 s.
2. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 02). Brno: VUT, 2006. 117 s.
3. Menšík, P.; Starý, M. SOMVS - Simulační a optimalizační model vodohospodářské soustavy. (software)
4. Ministerstvo zemědělství s Ministerstvem životního prostředí, Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území, Praha, 2011.
5. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy. Metodické návody do cvičení. 1. vyd. Brno: VUT, 1987. 67 s.
6. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy. 1. vyd. Brno: VUT, 1986. 165 s.
7. Starý, M.; Šálek, J.; Kožnárek, Z.; Šoustal, O. Automatizované systémy řízení ve vodním hospodářství. Metodické návody do cvičení a diplomového semináře. 1. vyd. Brno: VUT, 1987. 126 s.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Úkolem diplomové práce bude zpracovat vodohospodářské řešení zásobní a ochranné funkce nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára. Cílem bude provést variantní návrh zásobního a ochranného objemu nádrže. Součástí práce bude rovněž zjednodušená analýza hydroenergetického potenciálu navrhované nádrže a zjednodušené stanovení pravidel řízení odtoku vody z nádrže.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na zpracování vodohospodářského řešení zásobní a ochranné funkce nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára. V rámci práce je proveden variantní návrh zásobního objemu nádrže v programu Microsoft Excel, kde je pomocí dostupných funkcí vytvořena posloupnost aritmetických a logických algoritmů umožňujících simulovat provoz zásobní funkce nádrže. Variantní návrh ochranného objemu nádrže je proveden pomocí programu HYDROG, kde jsou provedeny výpočty transformace povodňových vln pro PV 100, PV 1 000 a PV 10 000. Součástí práce je i zjednodušená analýza hydroenergetického potenciálu navrhované nádrže.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nádrž, simulační model, zásobní funkce, ochranná funkce, hydroenergetická funkce, zabezpečení.

ABSTRACT

The thesis focuses on a process of water management analysis of storage and protective function of the Vlachovice reservoir on the Vlára watercourse. The work contains an alternative proposal of the reservoir storage volume in Microsoft Excel, spreadsheet program with accessible functions whereby progression of arithmetic and logical algorithm simulating operation of reservoir storage function is created. An alternative proposal of protective volume of the reservoir is created in HYDROG program, where calculations of transformation of flood waves for PV 100, PV 1 000, and PV 10 000 are performed. Moreover, the work includes simplified analysis of the hydropower potential of the proposed reservoir.

KEYWORDS

Reservoir, simulation model, storage function, protective function, hydropower function, reliability.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Veronika Rajsiglová *Vodohospodářské řešení nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára*. Brno, 2017. 55 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Pavel Menšík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8. 1. 2017

Bc. Veronika Rajsiglová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Menšíkovi, Ph.D. za odborný dohled nad prací, konzultace, dobré rady a cenné připomínky, které mi poskytl během zpracovávání diplomové práce.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl.....	5
3. Metody	6
3.1. Batygrafické čáry.....	6
3.2. Simulace	6
3.3. Úloha typu 2. $P = F (Op, Vz)$	7
3.4. Ztráty vody z nádrže	8
3.5. Malá vodní elektrárna.....	9
4. Aplikace	10
4.1. V aplikaci použitá data	10
4.1.1. Hydrologické podklady pro zásobní funkci nádrže	10
4.1.2. Hydrologické podklady pro ochrannou funkci nádrže	11
4.1.3. Mapové podklady	11
4.2. Batygrafické čáry.....	11
4.3. Popis vytvoření simulačního modelu	12
4.3.1. První varianta.....	12
4.3.2. Druhá varianta	13
4.3.3. Třetí varianta.....	14
4.4. Malá vodní elektrárna.....	20
4.5. Transformace povodňových vln	21
5. Souhrn dosažených výsledků	23
5.1. Zásobní funkce nádrže.....	23
5.2. Ochranná funkce nádrže	29
5.2.1. Výsledky transformací 1. Varianta	29
5.2.2. Výsledky transformací 2. Varianta	36
5.2.3. Výsledky transformací 3. Varianta	42
5.3. Hydroenergetická funkce nádrže	48
6. Závěr.....	50
7. Seznam použitých zdrojů	52
8. Seznam použitých obrázků.....	53
9. Seznam použitých tabulek.....	55

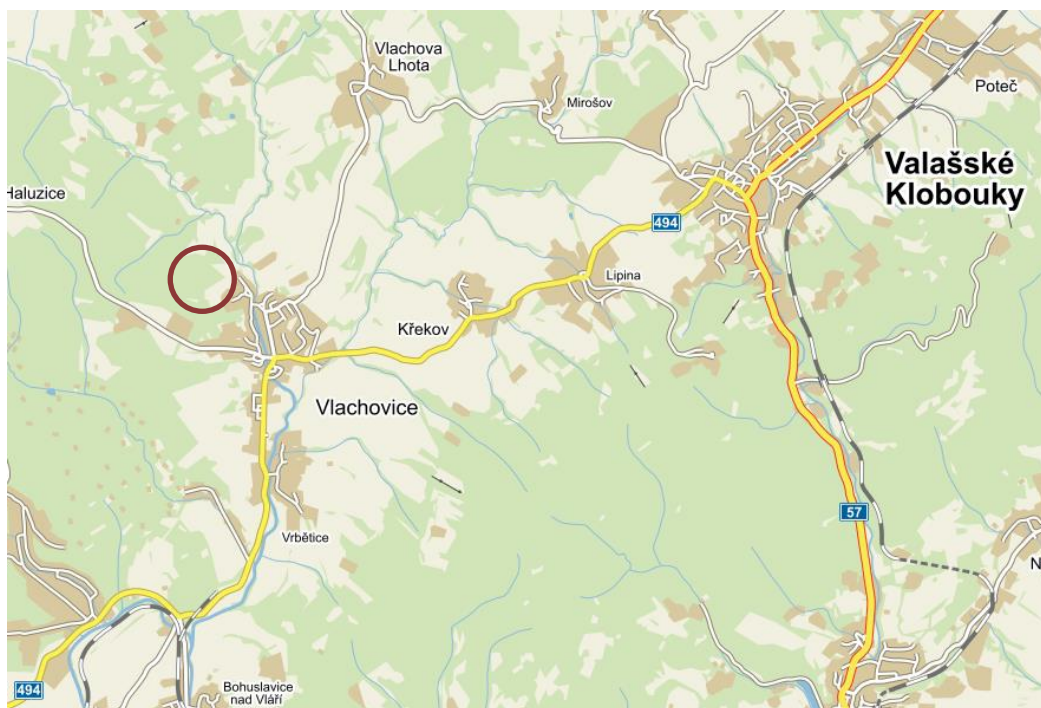
1. Úvod

Za uplynulé dvě desítky let dochází v České republice k markantním klimatickým změnám, v jejichž důsledku se častěji střídají extrémní hydrologické události, povodňové události a období s nedostatkem vody. Na teoretické úrovni se domníváme, že v následujících letech se oba extrémy budou stupňovat. Z uvedených důvodů jsou vodní nádrže, jejich účel a funkce častým tématem diskuze odborné veřejnosti (Menšík et al., 2014).

Pro naše potřeby chápeme vodní nádrž jako uměle vytvořenou přehradní hráz na vodním toku. Pokud vyjdeme ze zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), je vodní nádrž definována jako uměle vytvořený útvar povrchové vody, vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí. Součástí vodních nádrží jsou akumulární elektrárny, které patří mezi nejznámější typy vodních elektráren. Tato vodní díla se využívají nejen pro výrobu elektrické energie a k akumulaci vody, ale i pro stabilizaci průtoků říčních koryt, ochranu proti povodňovým vlnám a pro podporu využívání vodních toků k ekonomicky výhodné vodní dopravě.

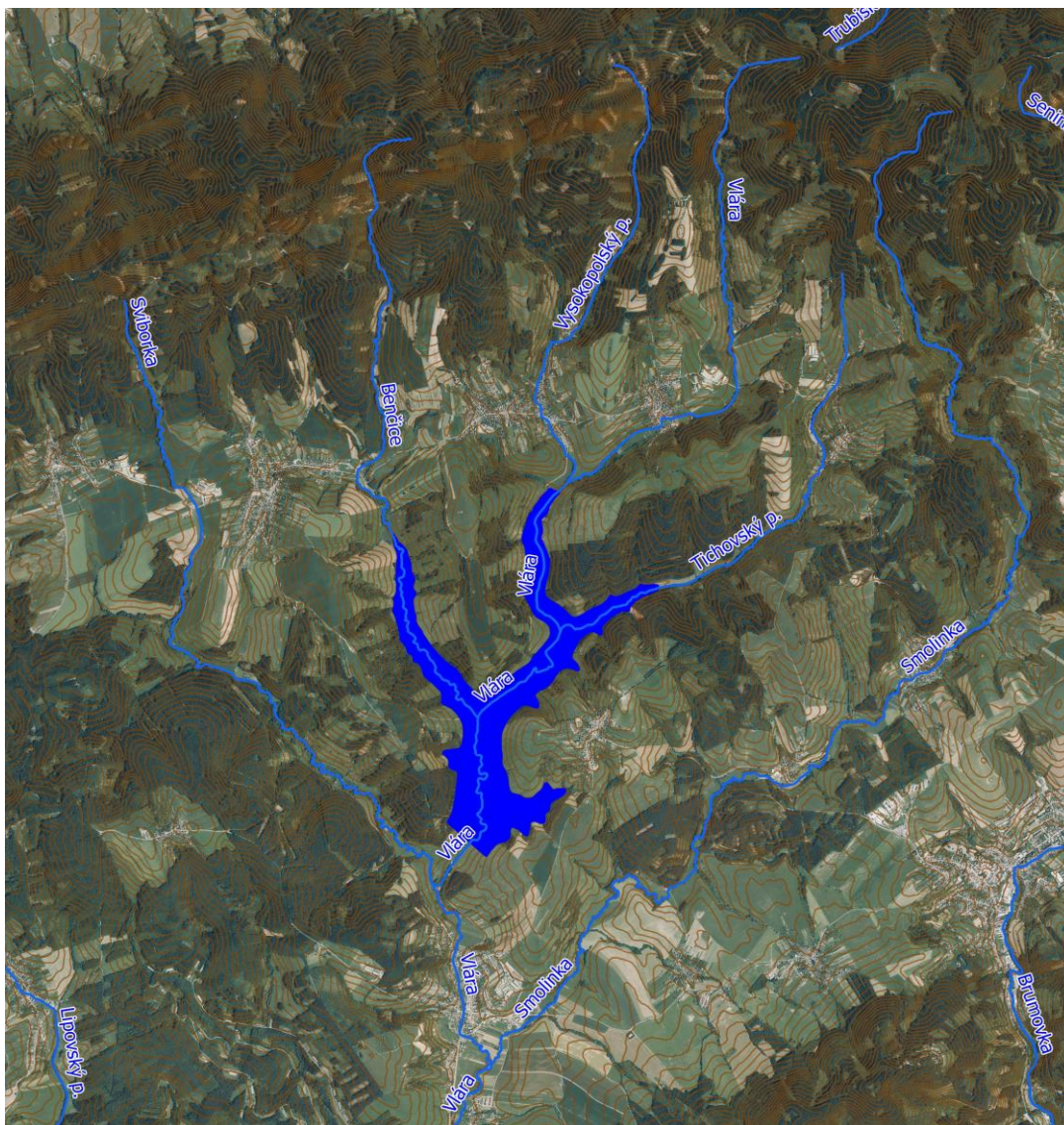
V praktické části diplomové práce byl vytvořen simulační model vodní nádrže Vlachovice. Simulace provozu nádrže probíhá v měsíčním kroku v historické průtokové řadě průměrných měsíčních přítoků vody do nádrže. Při simulaci je uvažováno s vlivem ztrát vody z nádrže, a to výparem vody z vodní hladiny.

Vodní dílo Vlachovice se nachází na jihovýchodní Moravě, nad obcí Vlachovice, v údolí toku Vlára. Vodní tok Vlára je nejvýznamnější moravskou řekou nepatřící do povodí Moravy ani Odry.



Obrázek 1 - Vyznačení polohy navrhované přehrady, převzato z Mapy.cz.

Povodí Vlárý je svým způsobem jedinečné, protože vytváří uzavřenou enklávu náležící k povodí Váhu, a to za hranicí karpatského oblouku, který jinde představuje rozvodí mezi povodími Váhu a Moravy. Místem průniku jednoho povodí do druhého je Vlárský průsmyk. Z tohoto důvodu je celé povodí Vlárý nad průsmykem hydrologicky uzavřeným územím, které z vodohospodářského hlediska nijak nekomunikuje s okolním územím náležícím povodí Moravy. Celková délka toku je 42,5 km a plocha povodí je 371,6 km². Více než polovina území povodí je zalesněná, ve zbývajících částech povodí se rovnoměrně střídá orná půda s trvalým travním porostem. Vlára odtéká průsmykem v Bílých Karpatech na Slovensko, kde se vlévá do Váhu. Vlára je jedním z nejtypičtějších příkladů říčního pirátství na území Česka. Pramení ve Vizovických vrších ve výšce 650 m n. m. nedaleko vrcholů Klášťov a Svéradov. Protéká obcemi Drnovice, Vlachova Lhota, Vlachovice, Bohuslavice nad Vlárí a Štítná nad Vlárí-Popov.



Obrázek 2 - Zatopená plocha vodní nádrže Vlachovice, pro navrhovanou hladinu zásobního prostoru s nadmořskou výškou 388 m n. m.

Hlavním důvodem ke stavbě vodního díla je vodárenský pro zásobování Zlínska a Uherskohradišťska pitnou vodou. Nádrž je také významným vodním zdrojem pro posílení zásobování pitnou vodou v území s nedostatkem podzemních zdrojů vody v povodí Vlára, případně části Zlínska i Uherskohradišťska.

V následujících tabulkách 1 a 2 vidíme přehled vývoje zdrojů vody a vývoje potřeby vody, kde Q_d značí denní maxima a Q_p průměrný odběr vody. Z tabulek vyplývá, že zatímco dostupné množství vody je v průběhu let konstantní, potřeba vody stále stoupá. Z tohoto důvodu je vhodné uvažovat o výstavbě vodního díla. Tyto údaje vyplývají z rozvojových dokumentů Zlínského kraje o zásobování pitnou vodou.

Tabulka 1 - Přehled vývoje dostupných zdrojů vody podle vodárenských soustav.

Název	2002		2010		2015	
	Qp	Qd	Qp	Qd	Qp	Qd
	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>
SV Luhačovice, Stanovnice, Syrákov, UH, UB, atd.	986	978	980	972	1008	1000
SV Babicko	13	13	17	17	17	17
SV Koryčany, Kyjov	5	7	8	11	9	12
SV Kroměříž	378	378	387	387	387	387
SV Polešovice, Tučapy	11	11	11	11	11	11
SV Zlín	670	670	670	670	680	680
Celkem	2 063	2 057	2 073	2 068	2 112	2 107

Tabulka 2 - Přehled vývoje potřeby vody podle vodárenských soustav.

Název	2002		2010		2015	
	Qp	Qd	Qp	Qd	Qp	Qd
	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>	<i>l / s</i>
SV Luhačovice, Stanovnice, Syrákov, UH, UB, atd.	559	733	671	887	739	980
SV Babicko	5	6	8	11	10	14
SV Koryčany, Kyjov	5	7	8	11	9	12
SV Kroměříž	232	301	268	351	294	385
SV Polešovice, Tučapy	3	4	5	7	7	9
SV Zlín	374	478	423	542	461	593
Celkem	1 178	1 529	1 383	1 809	1 520	1 993

Dalším zásadním účelem vodní nádrže je ochrana před povodněmi. To se jeví v daném případě jako obzvláště vhodné, protože přírodní podmínky zde vytvářejí riziko vzniku velmi rychlých a prudkých přívalových povodní, které vážně ohrožují několik sídel ležících na toku Vlárý. Jedná se o Vlachovice, Vrbětice, Bohuslavice nad Vlárí, Jestřabí, Popov, Štítná nad Vlárí, Bylnice a Svatý Štěpán. Dalšími důvody jsou výroba elektrické energie, sportovní rybolov a omezené rekreační využití.

2. Cíl

Cílem diplomové práce je zpracovat vodohospodářské řešení zásobní a ochranné funkce nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára. Provést variantní návrh zásobního a ochranného objemu nádrže. Součástí práce bude rovněž zjednodušená analýza hydroenergetického potenciálu navrhované nádrže a zjednodušené stanovení pravidel řízení odtoku vody z nádrže.

3. Metody

3.1. Batygrafické čáry

Morfologii údolí popisujeme pomocí batygrafických čar, tj. čáry zatopených ploch a čáry zatopených objemů, které se rovněž nazývají charakteristikami nádrže. Čára zatopených ploch udává závislost mezi výškou plnění nádrže H a příslušnou plochou hladiny F odpovídající plnění. Čára zatopených objemů udává závislost mezi výškou plnění nádrže H a příslušným zatopeným objemem V . Při konstrukci těchto čar je prvotní čára zatopených ploch. Jako podklad pro její stanovení je nutno použít mapy pro podrobnou situaci zátopy, které nesmějí být v měřítku menším než $1 : 5\,000$. Postup je následující. V nejnižším místě nádrže, vytvořené předpokládanou hrází a stěnami údolí tak, že vzniká uzavřený útvar, je položena výška plnění nádrže H_0 . Výška plnění se udává buď v reálných výškách $H_0=0$, nebo přímo v nadmořských výškách v metrech nad mořem. Této výšce plnění odpovídá plocha hladiny $F_0=0$. Vlastní čáru získáme spojením těchto bodů buď pomocí křivítka, nebo přímkou. Konstrukce je přibližná a závisí na měřítku použitých podkladů a na volbě velikosti ΔH . Odvození čáry zatopených objemů je následující. Nechť v diskrétním bodě výšky plnění H_i je dána zatopená plocha F_i a odpovídající objem plnění nádrže V_i . Zvětšíme-li plnění nádrže na hodnotu H_{i+1} , při dané zatopené ploše F_{i+1} , je dán odpovídající objem plnění nádrže hodnotou V_{i+1} , která je přibližně rovna

$$V_{i+1} = V_i + \frac{F_i + F_{i+1}}{2} \cdot (H_{i+1} - H_i). \quad (1)$$

3.2. Simulace

Simulaci můžeme definovat jako matematickou techniku, která napodobuje posloupností aritmetických a logaritmických algoritmů provoz nádrže ve sledovaném časovém úseku při zadané počáteční podmínce a zadání omezujících podmínek. Další nezbytnou podmínkou je znalost způsobu řízení odtoku z nádrže, tj. závislost řízeného odtoku na stavu vodních zdrojů, kde stavem vodních zdrojů chápeme okamžitou velikost přítoku vody do nádrže Q a plnění zásobního prostoru V . Je možno jej zapsat vektorem $\underline{S} = (V, Q)$. Takto definovaný stav nám popisuje okamžitou potenciální kapacitu vodního zdroje, protože zahrnuje jak velikost okamžitého přítoku vody, tak i objem vody v nádrži, který je nyní k dispozici pro nalepšování odtoku. Při vlastním plnění zjistíme okamžitý stav měřením přítoku do nádrže a plnění zásobního prostoru. Při simulaci určíme vektor \underline{S} v diskrétních časových bodech na rozhraní Δt a plnění nádrže na počátku každého Δt , pracujeme s průměrnými hodnotami (průtokové řady průměrných přítoků vody do nádrže). Princip simulace je stejný jak při řešení v reálných, tak i v umělých průtokových řadách. Může se lišit pouze použitou vstupní chronologickou průtokovou řadou (Starý, 2006).

3.3. Úloha typu 2. $P = F (O_p, V_z)$

Úloha se řeší jednorázovou simulací provozu nádrže. Počáteční podmínkou je plná nádrž v začátku řešeného období.

Tabulka 3 - Znázornění výpočtu úlohy typu 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	r o k	měs.	O_p [m ³ .s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]	O [m ³ .s ⁻¹]	$O_p - Q$ [m ³ .s ⁻¹]	$\sum (O_p - Q)$ [m ³ .s ⁻¹]	M_r	M_m	D' [m ³ .s ⁻¹]

Ve sloupci 1, 2, 3 a 5 jsou zadaná vstupní data. Do 4. sloupce zadáváme nalepšený odtok vody z nádrže. V 7. sloupci je provedena bilance mezi požadovaným nalepšeným odtokovým množstvím O_p a přítokovým množstvím Q postupně v každém měsíci. V 8. sloupci je znázorněna simulace prázdnění nádrže. Pokud v daném měsíci $O_p > Q$, nádrž se prázdní, a pokud $O_p < Q$, nádrž se plní. Změna prázdnění nádrže na konci každého měsíce je získána tak, že dílčí bilanci mezi požadovaným odtokovým a přiteklym objemem vody přičteme ke stavu prázdnění na konci předchozího měsíce. Řízení na plánovaný odtok je uplatňováno následujícím postupem: pokud je nádrž plná a platí, že přítok v daném měsíci je větší než požadovaný nalepšený odtok, nádrž není možno dále plnit, což se projeví vynuceným zvětšením skutečného odtoku oproti plánu – sloupec 6, $i = 3, 4, 5$. Ve sloupci 8 v takovém případě píšeme automaticky nulu. Dojde-li k naplnění nádrže v průběhu měsíce, píšeme rovněž v 8. sloupci nulu. Skutečný odtok O v takovém měsíci zvětšíme o tolik, aby bylo dosaženo naplnění nádrže právě na konci měsíce, jinak je roven O_p .

Při řešení výpočtu ve sloupci 8 testujeme, zda na konci každého měsíce nepřesahuje nárok na vyprázdnění nádrže zadaný zásobní objem (omezující podmínka). Omezující podmínkou je zásobní objem nádrže:

$$V'_z = \frac{V_z}{\Delta t} \quad (2)$$

kde Δt odpovídá jednomu měsíci. Sloupec 8 řešíme opět ze sloupce 1 v předstihu před sloupcem 6. Pokud v 8. sloupci vychází na konci libovolného měsíce poměrné povypřázdnění větší než zadaný poměrný zásobní objem, píšeme jej v takovém měsíci rovné V'_z . V tomto měsíci dojde k poruše v odtoku vody z nádrže. Hodnoty skutečného odtoku O_K v 6. sloupci pak řešíme mechanicky dle vztahu:

$$O_K = V'_z - \sum_{i=0}^{k-1} (O_{p,i} - Q_i) + Q_k, \quad (3)$$

kde Q_k značí skutečnou hodnotu přítokového množství. Ve všech měsících, kde platí $0 < O_p$, nastala porucha v dodávce vody z nádrže. Ve sloupcích 9, 10, 11 provádíme její vyhodnocení.

V 9. sloupci označíme poruchové roky, v 10. poruchové měsíce a v 11. snížení odtoku oproti plánované hodnotě:

$$D' = O_p - O, \quad (4)$$

kde D' odpovídá množství vody nedodané v poruchovém měsíci. Na konci tabulky ve sloupcích 9, 10, 11 provedeme součet všech poruchových roků, měsíců a sníženého odtoku. Celkové nedodané množství vody oproti plánované hodnotě vypočteme ze vztahu:

$$\sum D = \Delta t \cdot \sum D'. \quad (5)$$

Zabezpečení podle opakování vypočteme ze vzorce:

$$m = N_r - \sum M_r, \quad n = N_r, \quad (6)$$

kde N_r značí celkový počet let. Zabezpečení podle trvání:

$$m = N_m - \sum M_m, \quad n = N_m, \quad (7)$$

kde N_m značí celkový počet měsíců v řešeném období. Zabezpečení podle dodávky vody:

$$m = PD - \sum D, \quad n = PD, \quad (8)$$

kde PD je plánované množství odtokové vody z nádrže v řešeném období. Pravděpodobnost lze potom vypočítat dle klasického vzorce:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100[\%], \quad (9)$$

nebo dle vztahu Čegodajeva:

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100[\%]. \quad (10)$$

3.4. Ztráty vody z nádrže

Do vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže je nutno zavést i ztráty vody z nádrže. Někdy totiž mohou vzniknout extrémní případy, kdy nádrž nestačí krýt ani ztráty, tím méně pak nároky uživatelů (Starý, 2006).

Velikost ztrátového odtoku vody z nádrže je závislá na výšce hladiny vody v nádrži, která plní funkci okamžitého plnění nádrže. Ztrátový odtok vody z nádrže je složen ze tří typů ztrát. Ztráty vody výparem, ztráty vody průsakem a ztráty vody netěsností uzávěrů. Nejdominantnější je ztráta vody výparem, která vyplývá ze změny povrchu území ve vodní hladinu. Simulační model umožňuje velikost jednotlivých ztrátových složek stanovit dvěma způsoby:

- Zjednodušený výpočet ztrát vody z nádrže, který spočívá v jednorázovém stanovení velikosti ztrátových složek na základě středního plnění zásobního objemu nádrže.
- Přesný výpočet ztrát vody z nádrže, kde jsou jednotlivé ztrátové složky vždy opětovně stanoveny pro každý časový krok řešení na základě plnění nádrže.

V diplomové práci je uvažováno pouze se ztrátou vody výparem, kdy velikost výparu je stanovena zjednodušeným výpočtem. Výpar je počítán z plochy při výšce 66% plnění zásobního prostoru.

3.5. Malá vodní elektrárna

Výpočet výkonu malé vodní elektrárny je počítán dle obecného vztahu pro výkon hydroenergetického zdroje:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_E \cdot \eta_c, \quad (11)$$

kde P je výkon hydroenergetického zdroje za jeden měsíc, Q představuje průtok vodním strojem za jeden měsíc, H_E udává čistý spád za jeden měsíc a η_c značí celkovou účinnost zařízení. Rovnici (11) v obecné formě uvádí ve své práci například Říha (2006).

Vynásobením výkonu hydroenergetického zdroje časem získáme vyrobenou elektrickou energii:

$$E = P \cdot t, \quad (12)$$

kde E je vyrobená elektrická energie za jeden měsíc a t značí počet hodin v jednom měsíci.

4. Aplikace

V aplikaci jsou pomocí digitálního modelu terénu vytvořeny v programu QGIS vrstevnice, ze kterých jsou odečítány plochy zátopy. Z ploch zátopy je vytvořena čára zatopených ploch a čára zatopených objemů.

Pomocí programu Microsoft Excel je vytvořen simulační model provozu zásobní funkce vodní nádrže Vlachovice. V uvedeném programu je při zadání počáteční podmínky, proměnných a omezujících podmínek pomocí funkce řešitel vypočteno optimální řešení, které splňuje všechny podmínky. Snahou je najít nejvhodnější řešení, aby byl zásobní objem nádrže co nejmenší a zároveň co největší nalepšený odtok vody z nádrže při dané zabezpečení.

Hydroenergetický potenciál malé vodní elektrárny je vypočten dle obecného vztahu pro výkon hydroenergetického zdroje (11) v programu Microsoft Excel, kde každý řádek odpovídá vyrobené elektrické energii za jeden měsíc.

Pro posouzení ochranné funkce nádrže byly provedeny výpočtové simulace transformačních účinků nádrže v retenčním prostoru nádrže. Výpočty byly řešeny v programu HYDROG pro povodně PV 100, PV 1 000 a PV 10 000.

4.1. V aplikaci použitá data

V této kapitole jsou charakterizována data aplikovaná ve výpočtech. Všechna data použitá jak pro zásobní funkci nádrže, tak i pro ochranu funkci nádrže jsou převzata z technicko - ekonomické studie vodního díla Vlachovice na vodním toku Vlára od společnosti AQUATIS a.s. Podklady společnost AQUATIS a.s. získala od ČHMÚ pobočka Brno.

4.1.1. Hydrologické podklady pro zásobní funkci nádrže

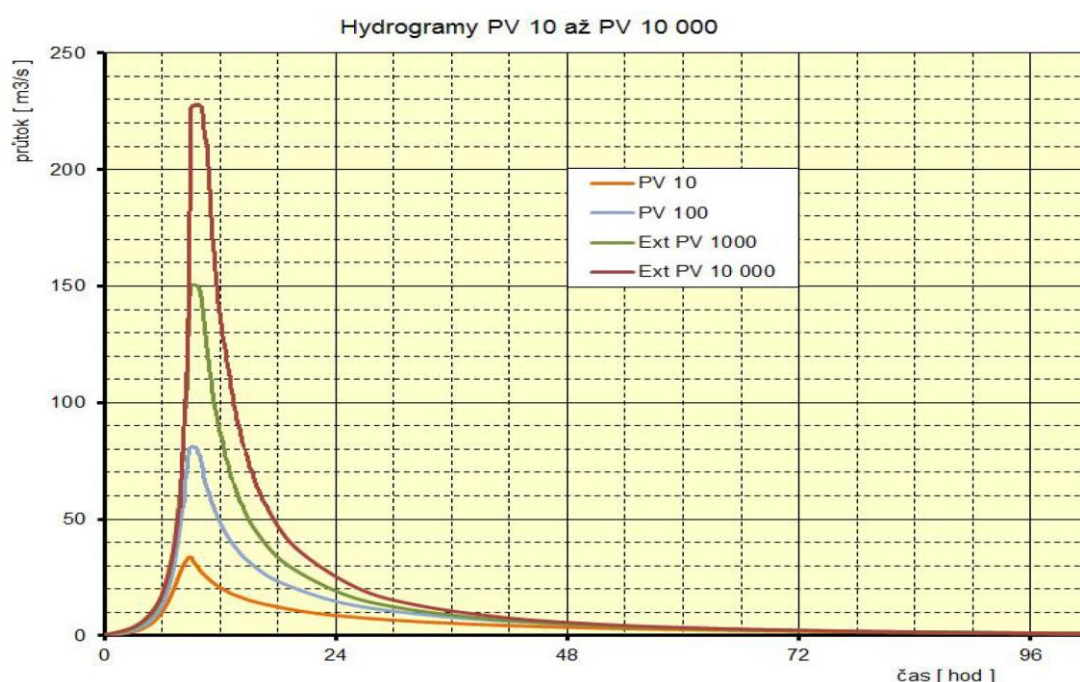
Tabulka 4 - Hydrologické podklady pro profil LG Popov.

Vodní tok :	Vlára					Plocha povodí :					169,82 km ²				
Profil :	LG Popov					Průměrné srážky :					791 mm				
č.h.p.	4 - 21 - 08 - 0630					Průměrný dlouhodobý průtok :					1,350 m ³ /s				
m [dny]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364		
Q _m [m ³ /s]	3,50	2,07	1,42	1,03	0,775	0,600	0,455	0,346	0,253	0,192	0,135	0,064	0,021		
třída	I.														
N [let]	Q ₁		Q ₂		Q ₅		Q ₁₀		Q ₂₀		Q ₅₀		Q ₁₀₀		Q ₅₀₀
Q _N [m ³ /s]	29,0		45,1		72,8		98,7		129,0		176,0		217,3		334,2*
třída	I., II.*														

Tabulka 5 - Hydrologické podklady pro profil přehrada.

Vodní tok :	Vlára					Plocha povodí :					37,52 km ²		
Profil :	přehrada					Průměrné srážky :					804 mm		
č.h.p.	4 - 21 - 08 - 0520					Průměrný dlouhodobý průtok :					0,323 m ³ /s		
m [dny]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _m [m ³ /s]	0,85	0,51	0,344	0,249	0,188	0,146	0,111	0,084	0,061	0,046	0,032	0,014	0,002
třída	III.												
N [let]	Q ₁		Q ₂		Q ₅	Q ₁₀		Q ₂₀		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	
Q _N [m ³ /s]	9,3		14,6		24,3	33,8		45,4		64,0	81,0	-	
třída	III.												

4.1.2. Hydrologické podklady pro ochrannou funkci nádrže



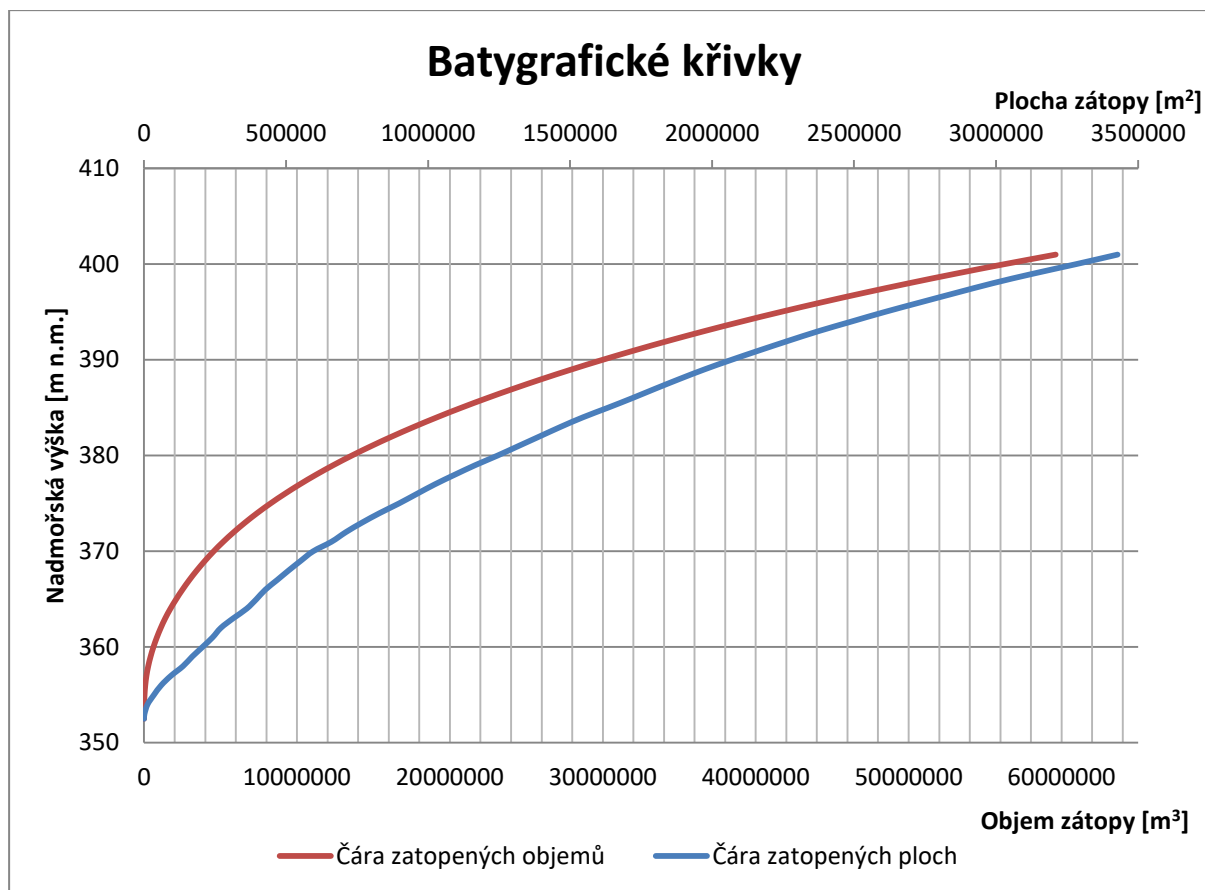
Obrázek 3 - Hydrogramy PV 10 až PV 10 000.

4.1.3. Mapové podklady

Digitální mapové dílo Zabaged, ortofotomapy, digitální model reliéfu – 4. generace (DMR 4G).

4.2. Bathygrafické čáry

Pomocí digitálního modelu terénu jsou v programu QGIS vytvořeny vrstevnice, ze kterých jsou odečítány plochy zátopy. Z ploch zátopy je vynesena do grafu čára zatopených ploch. Pomocí ploch zátopy je vypočítána čára zatopených objemů ze vzorce (1).



Obrázek 4 - Batygrafické čáry.

4.3. Popis vytvoření simulačního modelu

Simulační model byl vytvořen dle úlohy typu 2. Úloha typu 2. se řeší jednorázovou simulací provozu nádrže. K vytvoření simulačního modelu je použit program Microsoft Excel. V tomto programu je při zadání počáteční podmínky, proměnných a omezujících podmínek pomocí funkce řešitel vypočteno optimální řešení, které splňuje všechny podmínky. Snahou je najít nejvhodnější řešení, aby byl zásobní objem nádrže co nejmenší a zároveň co největší nalepšený odtok vody z nádrže při dané zabezpečení. Podle třídy významnosti odběratelů a efektů nádrže je stanovena zabezpečení podle trvání plné dodávky v měsících třídou významnosti A (vodovody pro více než 150 tisíc obyvatel), hodnotou zabezpečení $\geq 99,5\%$. Kvůli nízkému průtoku ve vodním toku Vlára jsou výpočty provedeny ve třech variantách. V první variantě jsou přítoky do nádrže pouze z vodního toku Vlára, ve druhé variantě jsou do nádrže napojeny gravitačně i okolní toky Sviborka a Smolinka a ve třetí variantě jsou okolní toky čerpány do vyšší nadmořské výšky a poté gravitačně do nádrže.

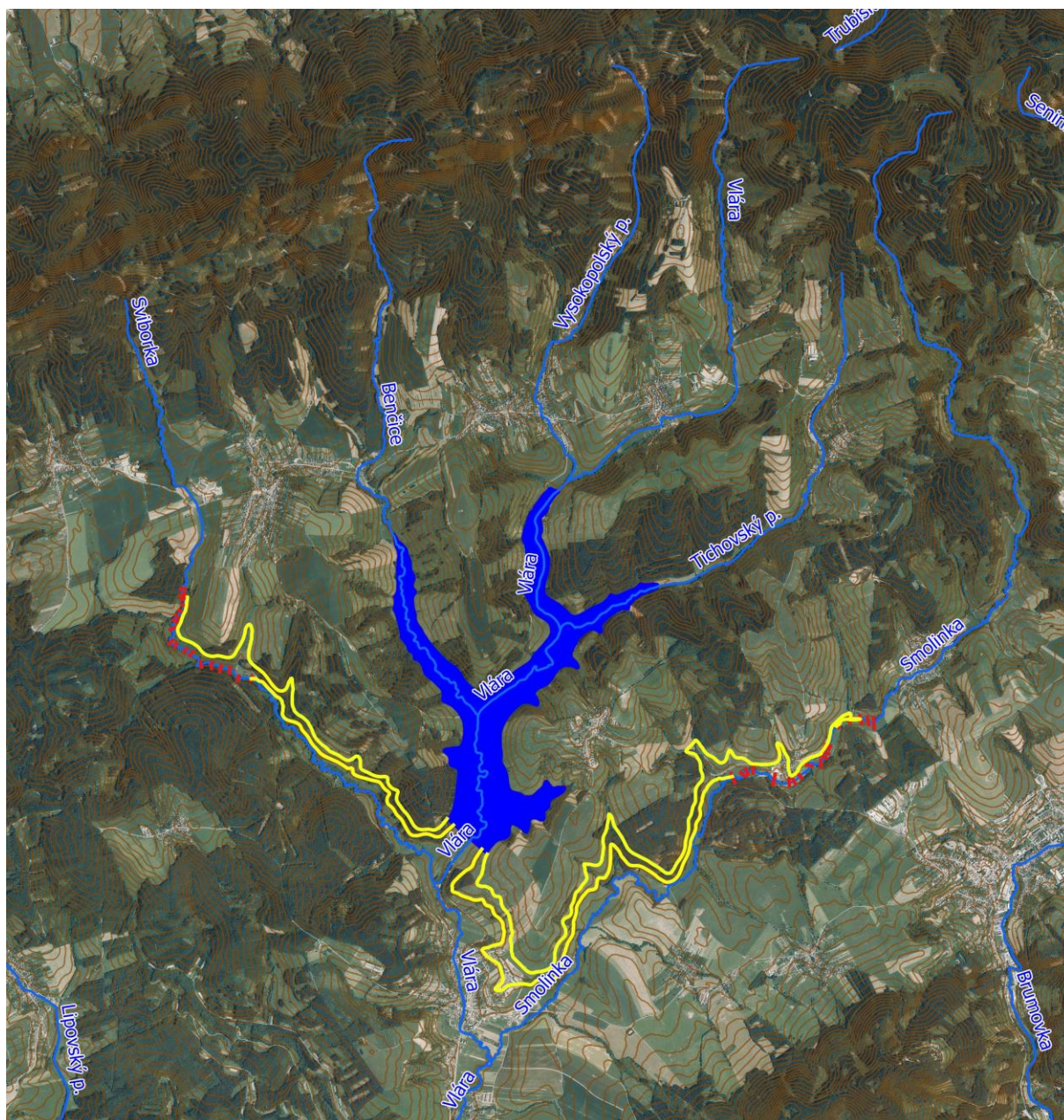
4.3.1. První varianta

Počáteční podmínkou je plná nádrž (nulové prázdnění) v začátku řešeného období. V simulačním modelu jsou na základě úlohy typu 2., průměrných měsíčních přítoků

a proměnných postupně vypočteny polohy hladin na konci každého měsíce. Simulační model je vytvořen pro období let 1960 až 2006 a model pracuje s měsíčním krokem. Výpočet probíhá v tabulce, kde každý řádek odpovídá jednomu měsíci. Pro tuto variantu jsou proměnnými O_p , M_s , M_z . O_p značí nalepšený odtok vody z nádrže, snahou je, aby dosahoval co nejvyšších hodnot. Dalšími proměnnými jsou hladina prostoru stálého nadržení značená M_s a hladina zásobního prostoru M_z , která by měla být co nejnižší, aby plocha rozlivu nádrže byla co nejmenší.

4.3.2. Druhá varianta

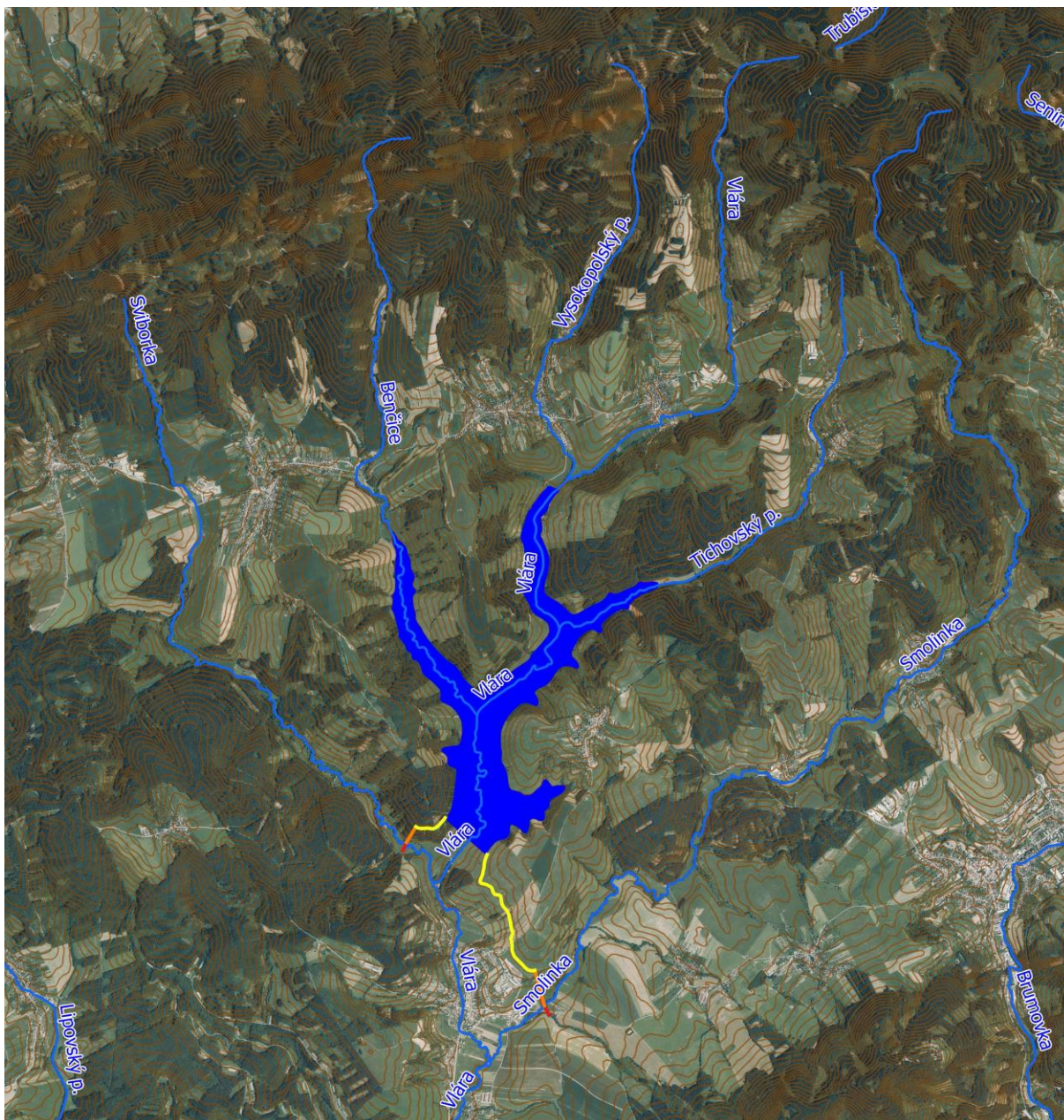
Postup je stejný jako u první varianty s tím rozdílem, že do proměnných vstupuje i počet přítoků, který je u této varianty 3, a výška napojení přítoků v nádrži NP. Výška napojení přítoků se volí od výšky 374 m n. m. (nižší hodnoty by vedly k nízké hodnotě O_p) až po hodnotu rovnou výšce hladiny zásobního prostoru. Pomocí výšky napojení přítoků se určí plocha povodí příslušného toku (aby voda ze Sviborky a ze Smolinky přitekla do nádrže gravitačně), ze které se vypočte velikost možného přítoku. Na obrázku 5 jsou červeně označena místa odběru vody a žlutě nejkratší a nejdelší trasa gravitačního potrubí. Délka potrubí u Sviborky je od 2,9 do 5 km podle výšky napojení, u Smolinky je délka potrubí od 6,4 do 8,9 km.



Obrázek 5 - Odběrná místa s cestou napojení do nádrže, varianta 2.

4.3.3. Třetí varianta

U třetí varianty je výška napojení rovna výšce hladiny zásobního prostoru, aby voda z okolních toků přitékala po celou dobu plnění zásobního prostoru. Voda je čerpána z místa, které je nejnižší na toku (abychom měli co největší plochu povodí) a zároveň i nejbližší k navrhované nádrži do požadované výšky, ze které je schopna se gravitačně dostat do nádrže na hladinu zásobního prostoru. Na obrázku 6 jsou červeně označena místa odběru vody, oranžově trasa čerpání vody a žlutě cesta gravitačního potrubí. U Sviborky je délka trasy čerpání vody 181 m a délka potrubí pro gravitační přítok 340 m. U Smolinky je délka trasy čerpání vody 363 m a délka potrubí pro gravitační přítok 1442 m.



Obrázek 6 - Odběrná místa s cestou napojení do nádrže, varianta 3.

V následujících odstavcích jsou podrobně popsány jednotlivé sloupce vytvořené tabulky a postup použitý při určení jejich hodnot:

- První a druhý sloupec tabulky slouží k identifikaci kalendářního měsíce.
- Přítoky $Q_{m,Sviborka}$ a $Q_{m,Smolinka}$ udávají přítoky z vedlejších toků (pokud je s přítoky uvažováno) v závislosti na výšce napojení do nádrže. Pokud je průtok ve Sviborce nebo Smolince menší než MQ_{min} , je přítok do nádrže roven $0 \text{ m}^3/\text{s}$, aby byl ve Sviborce a Smolince dodržen minimální průtok.
- $Q_{m,Vlára}$ je měsíční přítok vody do nádrže z toku Vlára.

- $Q_{m, celkem}$ je počítán jako součet všech přítoků vody do nádrže. Všechny přítoky jsou počítány ze vstupní průtokové řady vodního toku Vlára v profilu LG Popov poměrově k velikosti plochy povodí nad vodní nádrží nebo nad místem odběru u Smolinky a Sviborky.
- Hodnota nalepšeného odtoku O_p je proměnná hodnota dle budoucích požadavků, ke které je pro správnost výpočtu přičten výpar.
- Odtok spodní výpustí O v osmém sloupečku tabulky je řízen „na plánovaný odtok“. Pokud je nádrž plná (prázdnění je nulové) a platí, že přítok v daném měsíci je větší než požadovaný nalepšený odtok, nádrž není možno dále plnit, což se projeví vynuceným zvětšením skutečného odtoku oproti plánovanému. V takovémto případě pak píšeme v jedenáctém sloupci nulu. Skutečný odtok v takovém měsíci zvětšíme o tolik, aby bylo dosaženo naplnění nádrže právě na konci měsíce, jinak je roven nalepšenému odtoku.
- Velikost ztrátového odtoku způsobený výparem vody z nádrže O_{zv} v devátém sloupečku tabulky se stanoví zjednodušeným způsobem a je konstantní po celý měsíc. Hodnoty v jednotlivých měsících jsou počítány z plochy při výšce 66 % plnění zásobního prostoru a každoročně se tyto hodnoty opakují.
- V desátém sloupci je provedena bilance mezi požadovaným nalepšeným odtokovým množstvím O_p a přítokovým množstvím Q_{celkem} postupně v každém měsíci.
- V jedenáctém sloupci je znázorněna simulace prázdnění nádrže. Pokud v daném měsíci $O_p > Q_{celkem}$, nádrž se prázdní, a pokud $O_p < Q_{celkem}$, nádrž se plní. Dojde-li k naplnění nádrže v daném měsíci, píšeme automaticky v tomto sloupci nulu.
- Ve všech měsících, kde platí $0 < O_p$, nastala porucha v dodávce vody z nádrže. Ve sloupcích dvanáct až čtrnáct provádíme její vyhodnocení. Ve dvanáctém sloupci označíme poruchové roky, ve třináctém poruchové měsíce a ve čtrnáctém sloupci snížení odtoku oproti plánované hodnotě $D' = O_p - O$.
- V dalším sloupci máme vypočten zásobní objem na konci každého měsíce.
- V předposledním sloupci je spočítán celkový objem vody v nádrži na konci každého měsíce.
- Z celkového objemu vody v nádrži je na konci každého měsíce pomocí batygrafických čar vypočtena nadmořská výška vody v nádrži.

Z důvodu značného rozměru tabulky není možné do textu vložit celou tabulku, proto v následujících tabulkách 6 až 8 je ukázka dvou stejných let ve všech třech variantách.

Proměnné jsou zadány: $O_p = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$

$M_s = 365 \text{ m n. m.},$

u druhé verze je výška napojení přítoků 386 m n. m.

Tabulka 6 - Varianta 1 s přítokem pouze z Vlára.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Rok	Měsíc	Qm (Sviborka) [m ³ /s]	Qm (Smolinka) [m ³ /s]	Qm (Vlára) [m ³ /s]	Qm,celkem [m ³ /s]	Op [m ³ /s]	O [m ³ /s]	O _{ZV} [m ³ /s]	Op - Q	Σ(Op-Q)	Mr	Mm	D'	Vt [m ³]	Vcelkem [m ³]	H [m n. m.]
2004	11	0,0319	0,0840	0,3019	0,3019	0,3425	0,3400	0,0025	0,0406	16,7809	0	0	0,00	294858	2393851	365,72
2004	12	0,0250	0,0658	0,2429	0,2429	0,3410	0,3400	0,0010	0,0981	16,8790		0	0,00	36346	2135339	365,09
2005	1	0,0684	0,1803	0,6141	0,6141	0,3405	0,3400	0,0005	-0,2736	16,6053		0	0,00	757341	2856334	366,77
2005	2	0,0194	0,0512	0,1956	0,1956	0,3410	0,3400	0,0010	0,1454	16,7507		0	0,00	374258	2473251	365,91
2005	3	0,1566	0,4131	1,3691	1,3691	0,3430	0,3400	0,0030	-1,0262	15,7246		0	0,00	3078392	5177385	371,00
2005	4	0,0796	0,2100	0,7106	0,7106	0,3400	0,3400	0,0000	-0,3706	15,3540		0	0,00	4055005	6153998	372,39
2005	5	0,0473	0,1247	0,4337	0,4337	0,3460	0,3400	0,0060	-0,0878	15,2662	1	0	0,00	4286270	6385263	372,71
2005	6	0,0068	0,0180	0,0878	0,0878	0,3470	0,3400	0,0070	0,2592	15,5254		0	0,00	3603309	5702302	371,77
2005	7	0,0091	0,0240	0,1074	0,1074	0,3480	0,3400	0,0080	0,2406	15,7659		0	0,00	2969394	5068387	370,83
2005	8	0,0154	0,0406	0,1612	0,1612	0,3475	0,3400	0,0075	0,1863	15,9522		0	0,00	2478581	4577574	370,04
2005	9	0,0023	0,0061	0,0492	0,0492	0,3455	0,3400	0,0055	0,2962	16,2484		0	0,00	1697942	3796935	368,66
2005	10	0,0004	0,0011	0,0329	0,0329	0,3435	0,3400	0,0035	0,3106	16,5590		0	0,00	879488	2978481	367,04
2005	11	0,0033	0,0086	0,0573	0,0573	0,3425	0,3400	0,0025	0,2852	16,8442	1	0	0,00	127948	2226941	365,31
2005	12	0,0297	0,0782	0,2832	0,2832	0,3410	0,3308	0,0010	0,0578	16,8927		1	0,01	0	2098993	365,00
2006	1	0,0363	0,0957	0,3398	0,3398	0,3405	0,3393	0,0005	0,0007	16,8927		1	0,00	0	2098993	365,00
2006	2	0,0485	0,1279	0,4444	0,4444	0,3410	0,3400	0,0010	-0,1034	16,7893		0	0,00	272493	2371486	365,66
2006	3	0,1975	0,5209	1,7188	1,7188	0,3430	0,3400	0,0030	-1,3758	15,4135		0	0,00	3897992	5996985	372,18
2006	4	0,1506	0,3973	1,3179	1,3179	0,3400	0,3400	0,0000	-0,9779	14,4356		0	0,00	6475082	8574075	375,33
2006	5	0,0681	0,1797	0,6121	0,6121	0,3460	0,3400	0,0060	-0,2662	14,1694		0	0,00	7176501	9275494	376,08
2006	6	0,0243	0,0641	0,2374	0,2374	0,3470	0,3400	0,0070	0,1095	14,2789		0	0,00	6887919	8986912	375,78
2006	7	0,0064	0,0168	0,0839	0,0839	0,3480	0,3400	0,0080	0,2641	14,5430		0	0,00	6192006	8290999	375,03
2006	8	0,0067	0,0177	0,0869	0,0869	0,3475	0,3400	0,0075	0,2605	14,8036		0	0,00	5505439	7604432	374,24
2006	9	0,0028	0,0073	0,0532	0,0532	0,3455	0,3400	0,0055	0,2923	15,0959		0	0,00	4735132	6834125	373,29
2006	10	0,0021	0,0055	0,0473	0,0473	0,3435	0,3400	0,0035	0,2962	15,3921		0	0,00	3954566	6053559	372,26

Tabulka 7 - Varianta 2 s přítokem z Vlára a gravitačně ze Sviborky a Smolinky.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Rok	Měsíc	Qm (Sviborka) [m ³ /s]	Qm (Smolinka) [m ³ /s]	Qm (Vlára) [m ³ /s]	Qm,celkem [m ³ /s]	Op [m ³ /s]	O [m ³ /s]	O _{ZV} [m ³ /s]	Op - Q	Σ(Op-Q)	Mr	Mm	D'	Vt [m ³]	Vcelkem [m ³]	H [m n. m.]
2004	11	0,0325	0,0948	0,3019	0,4292	0,3415	0,3400	0,0015	-0,0878	1,7158	0	0	0,00	13147109	15246102	381,28
2004	12	0,0255	0,0742	0,2429	0,3426	0,3406	0,3400	0,0006	-0,0020	1,7138		0	0,00	13152433	15251426	381,29
2005	1	0,0697	0,2033	0,6141	0,8872	0,3403	0,3400	0,0003	-0,5469	1,1669		0	0,00	14593589	16692582	382,33
2005	2	0,0198	0,0578	0,1956	0,2733	0,3406	0,3400	0,0006	0,0673	1,2342		0	0,00	14416160	16515153	382,21
2005	3	0,1598	0,4659	1,3691	1,9949	0,3417	0,7589	0,0017	-1,6531	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2005	4	0,0812	0,2369	0,7106	1,0288	0,3400	1,0288	0,0000	-0,6888	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2005	5	0,0482	0,1406	0,4337	0,6226	0,3435	0,6191	0,0035	-0,2791	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2005	6	0,0070	0,0203	0,0878	0,1151	0,3441	0,3400	0,0041	0,2290	0,2290		0	0,00	17064985	19163978	384,01
2005	7	0,0093	0,0271	0,1074	0,1438	0,3447	0,3400	0,0047	0,2008	0,4299		0	0,00	16535717	18634710	383,66
2005	8	0,0157	0,0458	0,1612	0,2228	0,3444	0,3400	0,0044	0,1216	0,5515		0	0,00	16215235	18314228	383,44
2005	9	0,0024	0,0069	0,0492	0,0585	0,3432	0,3400	0,0032	0,2847	0,8362	0	0	0,00	15464949	17563942	382,94
2005	10	0,0004	0,0012	0,0329	0,0345	0,3420	0,3400	0,0020	0,3075	1,1437		0	0,00	14654575	16753568	382,38
2005	11	0,0033	0,0097	0,0573	0,0703	0,3415	0,3400	0,0015	0,2711	1,4149		0	0,00	13940061	16039054	381,87
2005	12	0,0303	0,0883	0,2832	0,4017	0,3406	0,3400	0,0006	-0,0611	1,3537		0	0,00	14101186	16200179	381,99
2006	1	0,0370	0,1080	0,3398	0,4848	0,3403	0,3400	0,0003	-0,1445	1,2092		0	0,00	14482045	16581038	382,26
2006	2	0,0495	0,1443	0,4444	0,6382	0,3406	0,3400	0,0006	-0,2976	0,9116		0	0,00	15266380	17365373	382,80
2006	3	0,2015	0,5875	1,7188	2,5078	0,3417	1,5945	0,0017	-2,1661	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2006	4	0,1537	0,4481	1,3179	1,9198	0,3400	1,9198	0,0000	-1,5798	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2006	5	0,0695	0,2027	0,6121	0,8843	0,3435	0,8808	0,0035	-0,5408	0,0000		0	0,00	17668511	19767504	384,39
2006	6	0,0248	0,0724	0,2374	0,3346	0,3441	0,3400	0,0041	0,0095	0,0095		0	0,00	17643558	19742551	384,37
2006	7	0,0065	0,0189	0,0839	0,1093	0,3447	0,3400	0,0047	0,2354	0,2448	0	0	0,00	17023336	19122329	383,98
2006	8	0,0069	0,0200	0,0869	0,1138	0,3444	0,3400	0,0044	0,2306	0,4754		0	0,00	16415672	18514665	383,58
2006	9	0,0028	0,0083	0,0532	0,0642	0,3432	0,3400	0,0032	0,2790	0,7544		0	0,00	15680546	17779539	383,09
2006	10	0,0021	0,0062	0,0473	0,0556	0,3420	0,3400	0,0020	0,2864	1,0408		0	0,00	14925755	17024748	382,57

Tabulka 8 - Varianta 3 s přítokem z Vlára a čerpání ze Sviborky a Smolinky.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Rok	Měsíc	Q _m (Sviborka) [m ³ /s]	Q _m (Smolinka) [m ³ /s]	Q _m (Vlára) [m ³ /s]	Q _{m,celkem} [m ³ /s]	Op [m ³ /s]	O [m ³ /s]	O _{ZV} [m ³ /s]	Op - Q	Σ(Op-Q)	Mr	Mm	D'	V _t [m ³]	V _{celkem} [m ³]	H [m n. m.]
2004	11	0,1214	0,2002	0,3019	0,6235	0,3409	0,3400	0,0009	-0,2826	0,7121	0	0	0,00	4969167	7068160	373,58
2004	12	0,0951	0,1568	0,2429	0,4948	0,3404	0,3400	0,0004	-0,1544	0,5576		0	0,00	5376168	7475161	374,09
2005	1	0,2604	0,4296	0,6141	1,3040	0,3402	0,7462	0,0002	-0,9638	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2005	2	0,0740	0,1221	0,1956	0,3918	0,3404	0,3914	0,0004	-0,0514	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2005	3	0,5966	0,9843	1,3691	2,9500	0,3411	2,9489	0,0011	-2,6089	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2005	4	0,3033	0,5005	0,7106	1,5144	0,3400	1,5144	0,0000	-1,1744	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2005	5	0,1800	0,2970	0,4337	0,9108	0,3421	0,9087	0,0021	-0,5687	0,0000	0	0	0,00	6845615	8944608	375,73
2005	6	0,0260	0,0429	0,0878	0,1567	0,3425	0,3400	0,0025	0,1858	0,1858		0	0,00	6355938	8454931	375,20
2005	7	0,0347	0,0573	0,1074	0,1994	0,3429	0,3400	0,0029	0,1434	0,3293		0	0,00	5977950	8076943	374,78
2005	8	0,0587	0,0968	0,1612	0,3167	0,3427	0,3400	0,0027	0,0260	0,3552		0	0,00	5909538	8008531	374,70
2005	9	0,0088	0,0146	0,0492	0,0726	0,3420	0,3400	0,0020	0,2693	0,6246		0	0,00	5199770	7298763	373,87
2005	10	0,0016	0,0026	0,0329	0,0370	0,3413	0,3400	0,0013	0,3042	0,9288		0	0,00	4398026	6497019	372,86
2005	11	0,0124	0,0205	0,0573	0,0902	0,3409	0,3400	0,0009	0,2507	1,1795	0	0	0,00	3737386	5836379	371,96
2005	12	0,1130	0,1865	0,2832	0,5827	0,3404	0,3400	0,0004	-0,2423	0,9372		0	0,00	4375903	6474896	372,83
2006	1	0,1382	0,2281	0,3398	0,7061	0,3402	0,3400	0,0002	-0,3660	0,5712		0	0,00	5340266	7439259	374,04
2006	2	0,1848	0,3049	0,4444	0,9341	0,3404	0,3625	0,0004	-0,5937	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2006	3	0,7523	1,2412	1,7188	3,7122	0,3411	3,7111	0,0011	-3,3711	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2006	4	0,5738	0,9467	1,3179	2,8384	0,3400	2,8384	0,0000	-2,4984	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2006	5	0,2595	0,4281	0,6121	1,2998	0,3421	1,2976	0,0021	-0,9576	0,0000	0	0	0,00	6845615	8944608	375,73
2006	6	0,0926	0,1528	0,2374	0,4829	0,3425	0,4804	0,0025	-0,1404	0,0000		0	0,00	6845615	8944608	375,73
2006	7	0,0243	0,0400	0,0839	0,1481	0,3429	0,3400	0,0029	0,1947	0,1947		0	0,00	6332471	8431464	375,18
2006	8	0,0256	0,0423	0,0869	0,1548	0,3427	0,3400	0,0027	0,1879	0,3826		0	0,00	5837318	7936311	374,62
2006	9	0,0106	0,0174	0,0532	0,0812	0,3420	0,3400	0,0020	0,2608	0,6434		0	0,00	5150075	7249068	373,81
2006	10	0,0080	0,0131	0,0473	0,0684	0,3413	0,3400	0,0013	0,2729	0,9163		0	0,00	4430927	6529920	372,90

4.4. Malá vodní elektrárna

Hlavním důvodem pro stavbu vodního díla je odběr povrchové vody pro zásobování pitnou vodou. Z tohoto důvodu nelze celé O_p využít pro hydroenergetický potenciál. Pouze minimální průtok korytem nebo dodávky vody pro závlahové účely odebírané z koryta níže pod přehradou mohou být energeticky využity. Z důvodu malého návrhového průtoku, tím pádem i malého technologického zařízení, bude MVE umístěna ve strojovně spodních výpustí, což bude výhodné i z hlediska společné elektroinstalace a řízení provozu.

Hydroenergetický potenciál malé vodní elektrárny je vypočten dle obecného vztahu pro výkon hydroenergetického zdroje (11) v programu Microsoft Excel.

V následujících odstavcích jsou podrobně popsány jednotlivé sloupce vytvořené tabulky a postup použitý při určení jejich hodnot:

- První a druhý sloupec tabulky slouží k identifikaci kalendářního měsíce.
- O_{MVE} je roven minimálnímu průtoku MQ na toku Vlára. Minimální průtok na toku Vlára je $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$, to odpovídá Q_{330} .
- Hrubý spád H_E je spočítán odečtením hladiny mrtvého prostoru M_m od hladiny vody v nádrži v daném měsíci. Hladina mrtvého prostoru je 1 m nade dnem nádrže na kótě 353 m n. m. Výška dna nádrže, které je na kótě 352 m n. m., a umístění hráze je převzato z technicko – ekonomické studie vodního díla Vlachovice na vodním toku Vlára od společnosti AQUATIS a.s.
- Celková účinnost η_c byla zvolena obvykle dosahující hodnotou 0,8.
- Výkon P v šestém sloupečku je vypočten dle vzorce (11) v kapitole 3.5.
- Vyrobená elektrická energie E je vypočtena dle vzorce (12) v kapitole 3.5.
- V osmém sloupečku je cena za kWh, která je převzata z technicko – ekonomické studie vodního díla Vlachovice na vodním toku Vlára od společnosti AQUATIS a.s.
- Vynásobením vyrobené elektrické energie cenou za kWh získáme měsíční zisk MVE.

V následující tabulce 9 je ukázka dvou let 1. varianty výpočtu výkonu hydroenergetického zdroje, vyrobené energie a výsledné ceny za jeden měsíc.

Tabulka 9 - Výpočet výkonu hydroenergetického zdroje, vyrobené energie a výsledné ceny za jeden měsíc.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rok	Měsíc	O_{MVE} [m ³ /s]	H_E [m]	η_c	P [kW]	E [kWh]	Kč/kWh	Zisk [Kč]
2004	11	0,032	12,69	0,8	3,186	2332	2,94	6857
2004	12	0,032	12,06	0,8	3,029	2217	2,94	6518
2005	1	0,032	13,75	0,8	3,452	2527	2,94	7429
2005	2	0,032	12,88	0,8	3,235	2368	2,94	6961
2005	3	0,032	17,98	0,8	4,515	3305	2,94	9718
2005	4	0,032	19,38	0,8	4,866	3562	2,94	10473
2005	5	0,032	19,69	0,8	4,945	3620	2,94	10642
2005	6	0,032	18,75	0,8	4,708	3446	2,94	10133
2005	7	0,032	17,81	0,8	4,472	3273	2,94	9624
2005	8	0,032	17,02	0,8	4,275	3130	2,94	9201
2005	9	0,032	15,64	0,8	3,927	2875	2,94	8451
2005	10	0,032	14,02	0,8	3,520	2577	2,94	7576
2005	11	0,032	12,28	0,8	3,084	2258	2,94	6638
2005	12	0,032	12,00	0,8	3,014	2206	2,94	6486
2006	1	0,032	12,00	0,8	3,014	2206	2,94	6486
2006	2	0,032	12,66	0,8	3,180	2328	2,94	6843
2006	3	0,032	19,18	0,8	4,817	3526	2,94	10367
2006	4	0,032	22,33	0,8	5,609	4106	2,94	12070
2006	5	0,032	23,08	0,8	5,797	4243	2,94	12475
2006	6	0,032	22,78	0,8	5,720	4187	2,94	12310
2006	7	0,032	22,03	0,8	5,532	4049	2,94	11906
2006	8	0,032	21,24	0,8	5,333	3904	2,94	11477
2006	9	0,032	20,29	0,8	5,096	3730	2,94	10966
2006	10	0,032	19,26	0,8	4,836	3540	2,94	10408

4.5. Transformace povodňových vln

Pro posouzení ochranných účinků nádrže byly provedeny výpočtové simulace transformačních účinků v retenčním prostoru nádrže. Výpočty byly stejné jako u zásobní funkce počítány ve třech stejných variantách. V první variantě jsou přítoky do nádrže pouze z vodního toku Vlára, ve druhé variantě jsou do nádrže napojeny gravitačně i okolní toky Sviborka a Smolinka a ve třetí variantě jsou okolní toky čerpány do vyšší nadmořské výšky a poté gravitačně do nádrže. Z výpočtu zásobní funkce nádrže je pro každou variantu vypočítána optimální počáteční hladina M_z . Výška retenčního prostoru ovladatelného M_{RO} , která je rovna výšce bezpečnostního přelivu, je zvolena 1 m nad hladinou zásobního prostoru

v každé variantě. Hladina retenčního prostoru neovladatelného M_{RN} je zvolena 1 m nad hladinou retenčního prostoru ovladatelného v každé variantě. Koryto Vlárý je kapacitní na průtok velikosti Q_{20} , kdy nevzniká žádné významné povodňové nebezpečí. Z tohoto důvodu je velikost neškodného odtoku O_{NE} stanovena hodnotou Q_{20} , která je $45,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Při dimenzování spodních výpustí na neškodný odtok nám vyšla velikost spodních výpustí 2 x DN1400 při 85 % otevření. Při návrhu šířky bezpečnostního přelivu byla provedena série výpočtů varianty 2 (střední hodnota výšky hladiny zásobního prostoru oproti 1. a 3. variantě) pro PV 100 při uzavřených výpustech. Při postupném zmenšování šířky bezpečnostního přelivu vyšla jako nejvhodnější hodnota šířky bezpečnostního přelivu 10 m, při nižších hodnotách by jsme se už dostali nad hladinu retenčního prostoru neovladatelného. Výpočty byly řešeny v programu HYDROG pro PV 100, PV 1 000, PV 10 000. Pro všechny tři varianty byla provedena simulace transformačních účinků s oběma výpustěmi uzavřenými a s jednou výpustí otevřenou. Výpar z vodní hladiny se zanedbává, jakož i vliv dopadu srážek na vodní hladinu.

V následující tabulce 10 jsou pro přehlednost vypsány vstupní parametry pro výpočet transformace.

Tabulka 10 - *Vstupní parametry pro výpočet transformace.*

Varianta	M_Z [m n. m.]	M_{RO} [m n. m.]	M_{RN} [m n. m.]	Spodní výpusti	Šířka bezpečnostního přelivu [m]
1.	387,5	388,5	389,5	2 x DN 1400	10
2.	388,0	389,0	390,0	2 x DN 1400	10
3.	388,5	389,5	390,5	2 x DN 1400	10

5. Souhrn dosažených výsledků

5.1. Zásobní funkce nádrže

Snahou vodohospodářského řešení je najít řešení nádrže takové, aby byl zásobní prostor V_z co nejmenší a zároveň co největší nalepšený odtok O_p ve všech třech variantách.

V následující tabulce 11 jsou pro variantu 1 vypočteny výšky hladin zásobního prostoru při různých hodnotách O_p a pro porovnání i při různých hodnotách výšky hladiny stálého nadržení M_s .

Tabulka 11 - *Výšky hladin zásobního prostoru pro první variantu.*

$O_p \backslash M_s$	360 m n. m.	365 m n. m.
0,10	363,93	367,46
0,15	366,52	369,45
0,20	372,25	374,18
0,25	380,55	381,70
0,28	384,29	385,19
0,29	385,30	386,19
0,30	386,32	387,18
0,31	388,06	388,91
0,32	390,69	391,46
0,33	393,31	393,86
0,34	396,27	396,85

Při snaze najít optimální poměr mezi výškou hladiny zásobního prostoru M_z a nalepšeným odtokem O_p nám ve variantě 1 vyšlo jako optimální řešení:

$$M_z = 387,5 \text{ m n. m.}$$

$$M_s = 365 \text{ m n. m.}$$

$$O_p = 0,30 \text{ m}^3/\text{s},$$

z důvodu exponenciálního růstu hladiny zásobního prostoru při vyšších hodnotách nalepšeného odtoku.

V následujících tabulkách 12 a 13 jsou pro variantu 2 vypočteny výšky hladin zásobního prostoru při různých hodnotách O_p a při různých výškách napojení přítoků NP z vedlejších toků Sviborky a Smolinky. Výška hladiny stálého nadržení M_s v tabulce 12 je daná kótou 365 m n. m. a v tabulce 13 je daná kótou 360 m n. m. Maximální možná výška pro výpočet byla zvolena na 400 m n. m. Pro pole označené pomlčkou neexistuje při zadaných omezujících podmínkách řešení.

Tabulka 12 - Výšky hladin zásobního prostoru pro druhou variantu s kótou hladiny stálého nadržení ve výšce 365 m n. m.

O _p \NP	374	376	378	380	382	384	386	388	390
0,10	367,21	367,21	367,23	367,26	367,29	367,27	367,35	367,34	367,35
0,15	368,80	368,84	368,82	368,88	368,87	368,84	368,89	368,91	368,90
0,20	370,21	370,25	370,25	370,29	370,33	370,30	370,79	370,82	370,83
0,25	372,14	372,23	372,57	373,36	373,39	373,43	374,09	374,44	374,52
0,30	379,75	377,91	376,69	377,68	377,97	377,86	379,80	380,31	380,35
0,31	380,81	380,87	377,85	379,28	379,45	379,92	380,93	381,56	382,08
0,32	383,97	382,01	380,03	381,01	380,88	380,80	382,19	382,95	382,83
0,33	384,49	383,46	383,59	384,23	381,72	381,69	383,65	384,02	384,13
0,34	386,93	385,93	384,90	385,53	383,59	383,35	384,56	385,34	385,08
0,35	389,16	389,05	387,91	388,83	386,78	384,23	385,48	386,09	386,14
0,36	395,73	394,45	394,27	394,31	390,91	385,53	386,69	387,08	387,62
0,37	-	397,63	397,52	398,20	397,41	388,89	387,95	388,48	388,13
0,38	-	-	-	-	-	-	398,20	389,03	388,93
0,39	-	-	-	-	-	-	-	391,56	389,80
0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	390,76

Tabulka 13 - Výšky hladin zásobního prostoru pro druhou variantu s kótou hladiny stálého nadržení ve výšce 360 m n. m.

O _p \NP	374	376	378	380	382	384	386	388	390
0,10	363,53	363,55	363,58	363,64	363,64	363,65	363,70	363,73	363,77
0,15	365,69	365,76	365,76	365,73	365,79	365,75	365,78	365,78	365,79
0,20	367,48	367,53	367,53	367,58	367,60	367,60	368,14	368,23	368,23
0,25	369,87	369,96	370,22	371,31	371,35	371,38	372,13	372,57	372,59
0,30	376,07	374,83	375,11	376,15	376,26	376,33	378,60	379,04	379,06
0,35	388,07	386,79	387,07	385,82	383,22	383,07	384,52	385,22	385,22
0,36	393,63	394,37	394,27	393,30	390,86	385,44	386,64	387,12	387,11
0,37	396,88	397,65	397,47	397,60	397,38	388,90	387,66	388,09	388,03
0,38	-	-	-	-	-	-	393,03	389,03	388,93
0,39	-	-	-	-	-	-	-	390,98	389,81
0,40	-	-	-	-	-	-	-	391,21	389,94

Při snaze najít optimální poměr mezi výškou hladiny zásobního prostoru M_z a nalepšeným odtokem O_p při různých výškách napojení přítoků NP ze Sviborky a Smolinky nám v této variantě 2 vyšlo jako optimální řešení:

$$M_z = 388 \text{ m n. m.}$$

$$M_s = 365 \text{ m n. m.}$$

$$O_p = 0,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$NP = 386 \text{ m n. m.}$$

z důvodu exponenciálního růstu hladiny zásobního prostoru při vyšších hodnotách nalepšeného odtoku.

V tabulce 14 jsou pro variantu 3 vypočteny výšky hladin zásobního prostoru při různých hodnotách O_p a při různých výškách napojení přítoků z vedlejších toků Sviborky a Smolinky, které jsou z důvodu nejefektivnějšího využití rovny výšce hladiny zásobního prostoru M_z . Výška hladiny stálého nadržení M_s je opět pro porovnání ve dvou hodnotách. Maximální možná výška pro výpočet byla zvolena na 400 m n. m.

Tabulka 14 - *Výšky hladin zásobního prostoru pro třetí variantu.*

$O_p \backslash M_s$	360	365
0,10	363,39	367,10
0,15	365,56	368,67
0,20	367,30	370,07
0,25	368,93	371,41
0,30	371,14	373,20
0,35	374,66	376,29
0,40	378,80	380,15
0,45	384,25	385,23
0,46	385,35	386,30
0,47	386,35	387,24
0,48	387,32	388,14
0,49	388,29	389,05
0,50	389,15	389,91
0,55	393,14	393,73
0,56	394,18	394,63
0,57	394,99	395,62
0,58	395,27	395,77
0,59	395,90	396,66
0,60	396,89	397,01
0,61	397,34	397,62
0,62	397,83	398,24
0,63	398,28	398,88

Při snaze najít optimální poměr mezi výškou hladiny zásobního prostoru M_z a nalepšeným odtokem O_p při výšce napojení přítoků ze Sviborky a Smolinky rovné výšce zásobního prostoru M_z , nám v této variantě 3 vyšlo jako optimální řešení:

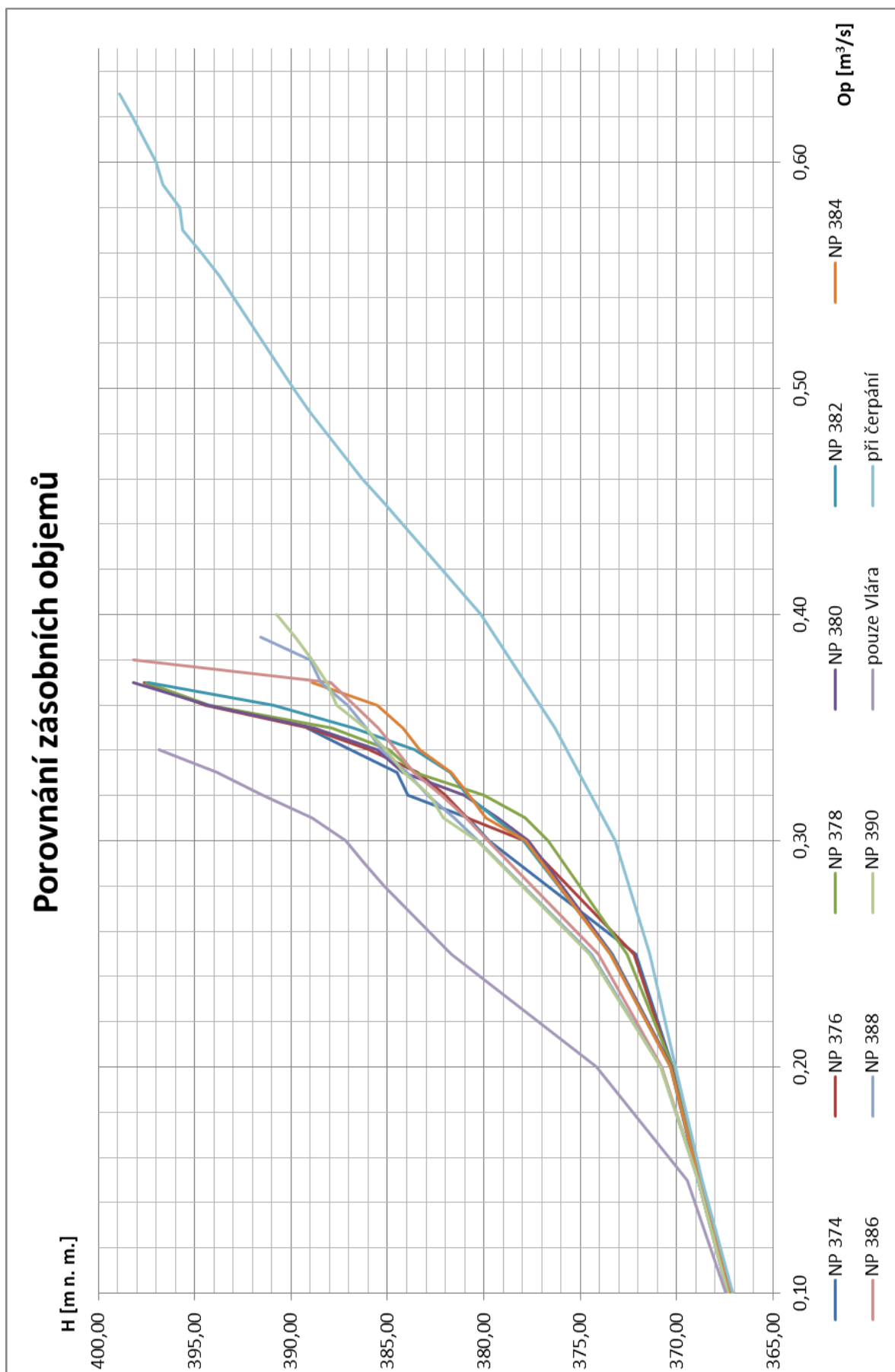
$$M_z = 388,5 \text{ m n. m.}$$

$$M_s = 365 \text{ m n. m.}$$

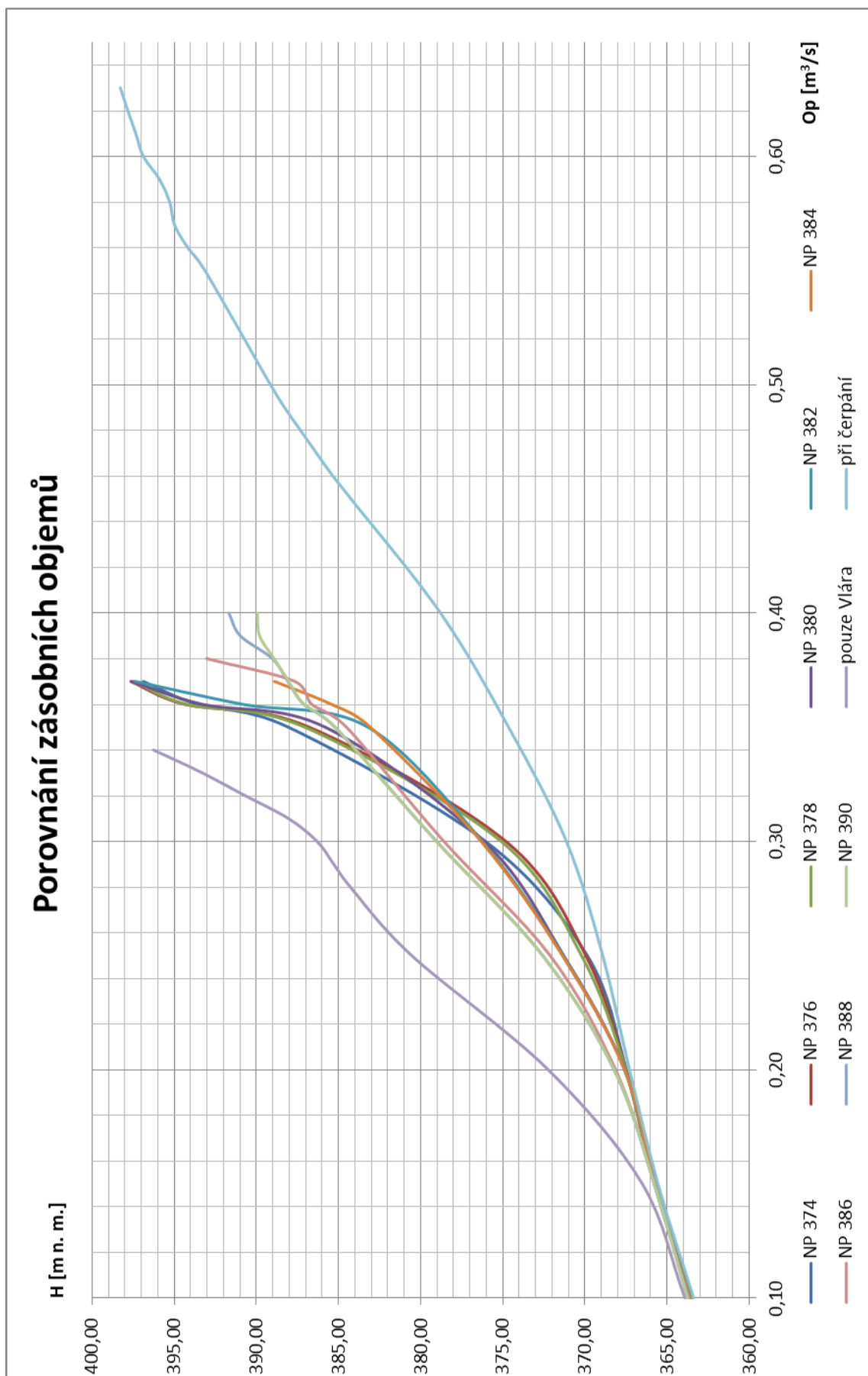
$$O_p = 0,48 \text{ m}^3/\text{s},$$

z důvodu přiblížení se prvním dvěma variantám pro možné porovnání výsledných hodnot.

Pro přehlednost byly výsledné hodnoty výšek hladin zásobních prostorů převedeny do grafů. Na obrázku 7 je graf závislosti nadmořské výšky hladiny zásobního prostoru M_z na nalepšeném odtoku O_p pro výšku hladiny prostoru stálého nadržení M_s na kótě 365 m n. m. Na grafu je vidět, že každá varianta dosahuje rozdílných hodnot O_p . Při vyšších hodnotách nalepšeného odtoku roste výška hladiny zásobního prostoru exponenciálně. Podobný graf vidíme na obrázku 8, kde je hladina M_s na kótě 360 m n. m.



Obrázek 7 - Graf závislosti výšky zásobního objemu na O_p pro výšku $M_s = 365$ m n. m.



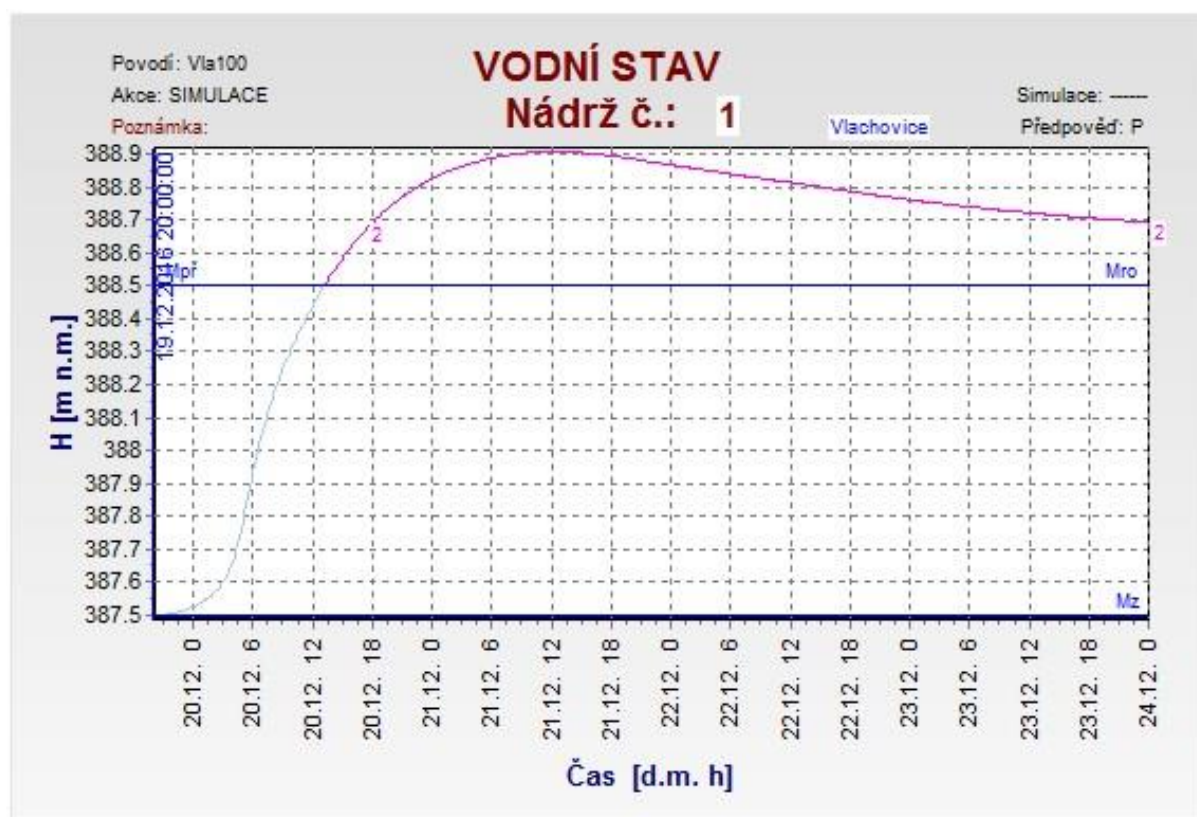
Obrázek 8 - Graf závislosti výšky zásobního objemu na O_p pro výšku $M_s = 360$ m n. m.

5.2. Ochranná funkce nádrže

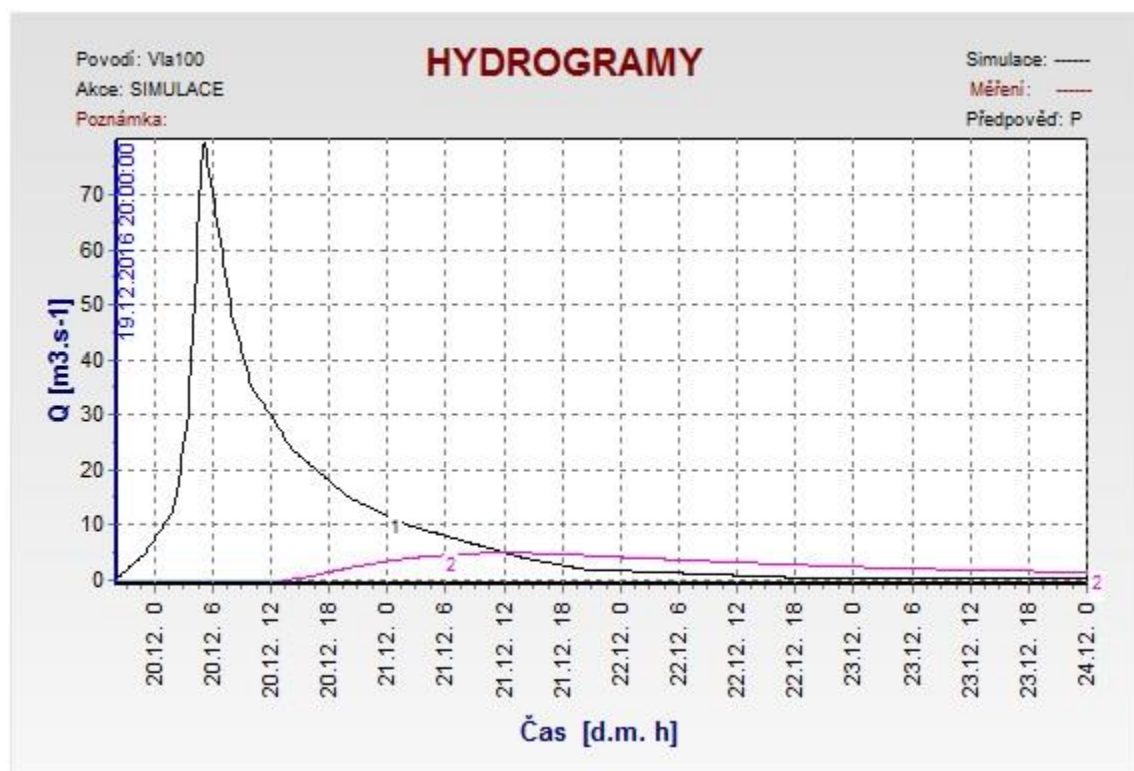
V každé variantě 1 až 3 byly provedeny výpočty transformace povodňových vln pro PV 100, PV 1 000 a PV 10 000, nejdříve s oběma výpustěmi uzavřenými a následně s jednou výpustí otevřenou. Všechny simulace jsou koncipovány tak, že se transformace zahajuje na úrovni maximální zásobní hladiny v nádrži M_z .

Výsledky všech transformací vidíme na následujících obrázcích 9 až 44.

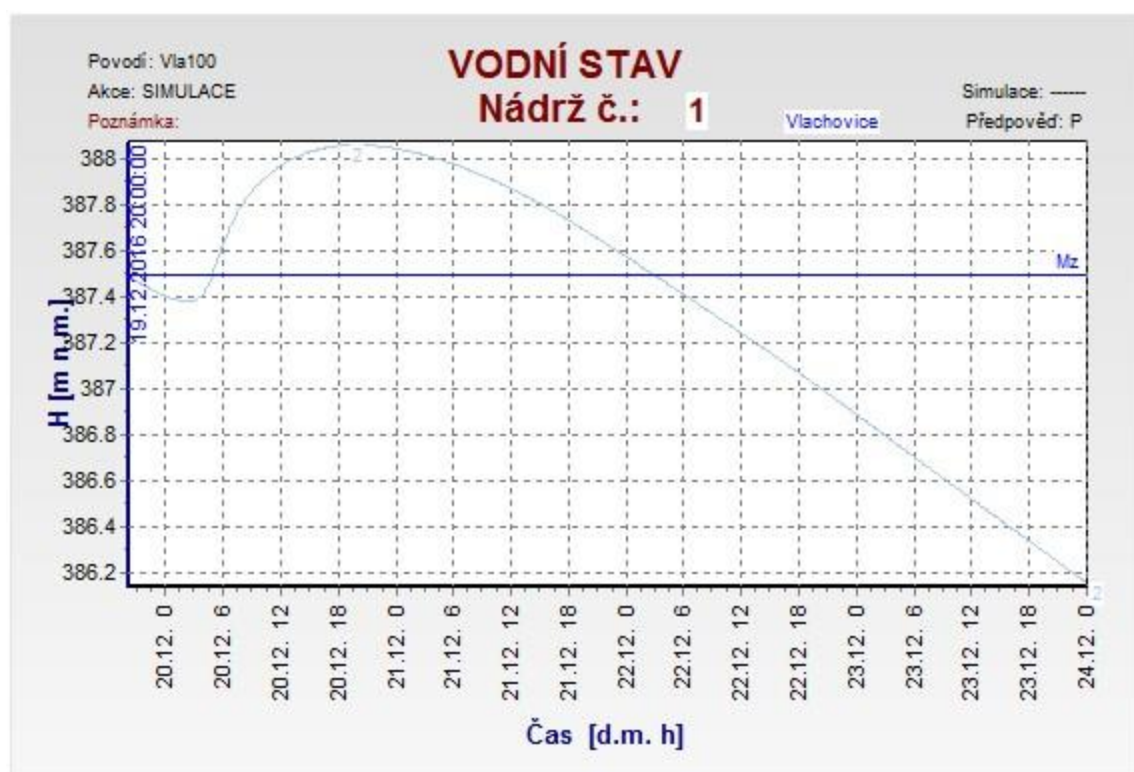
5.2.1. Výsledky transformací 1. Varianta



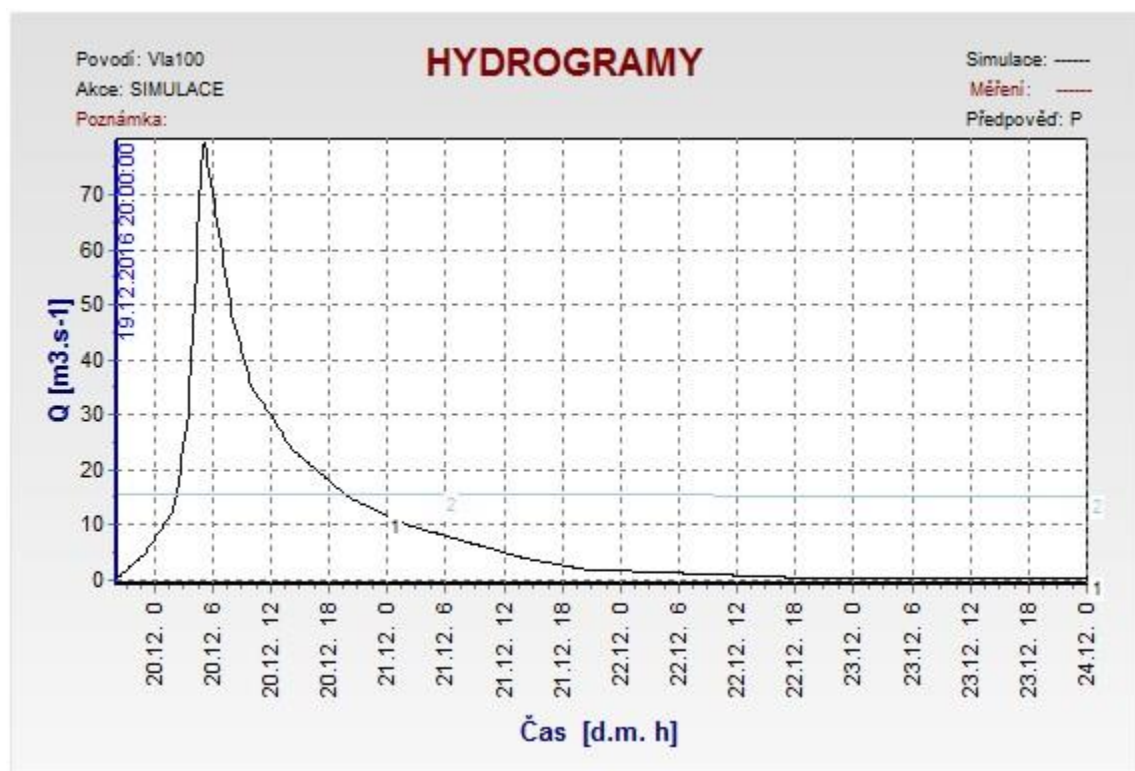
Obrázek 9 - PV 100 bez spodních výpustí.



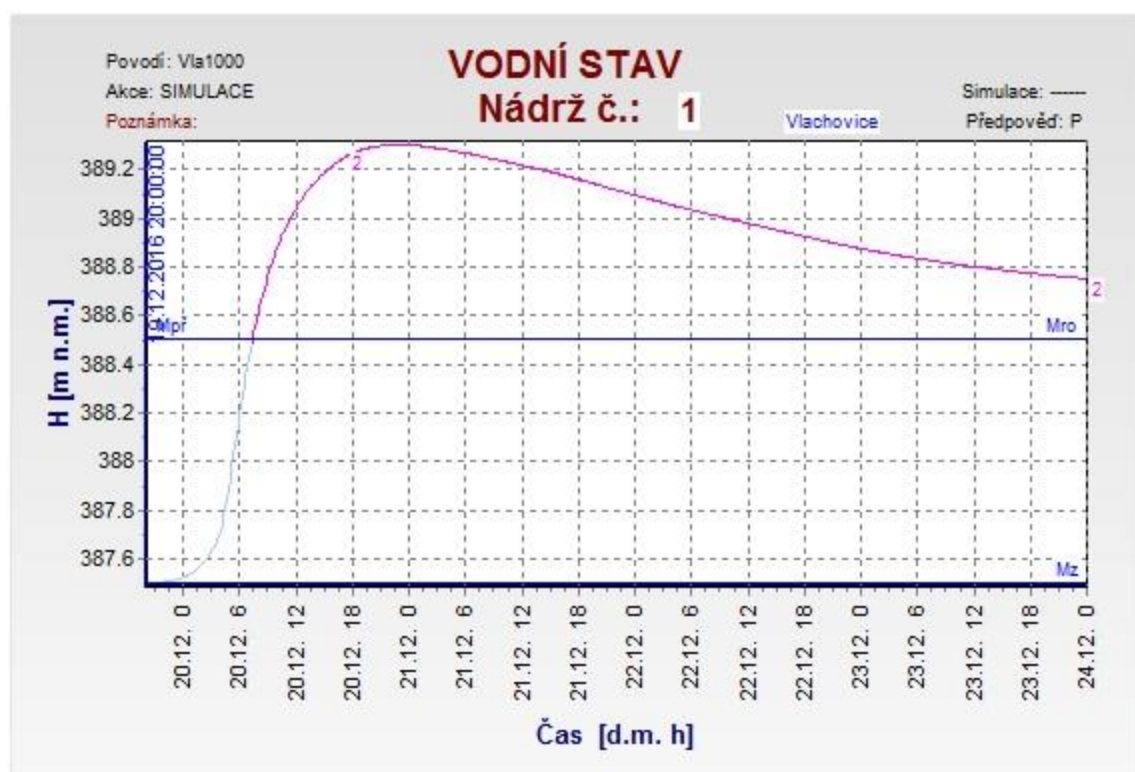
Obrázek 10 - PV 100 bez spodních výpustí.



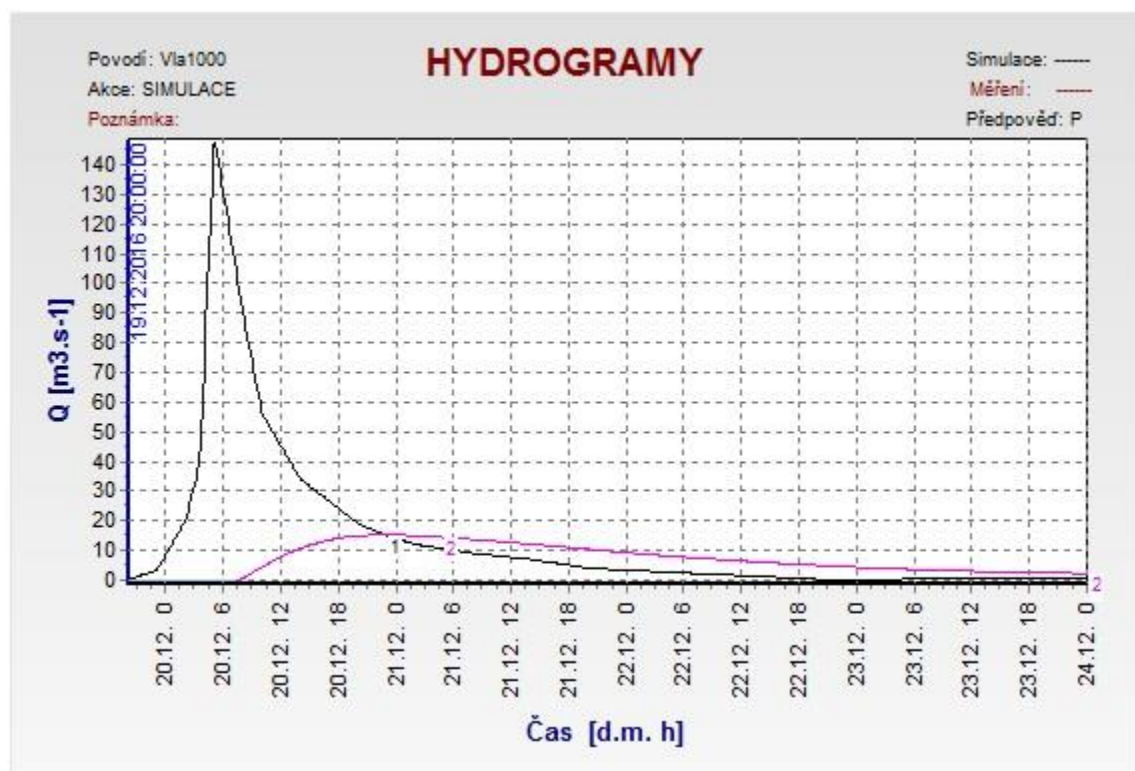
Obrázek 11 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



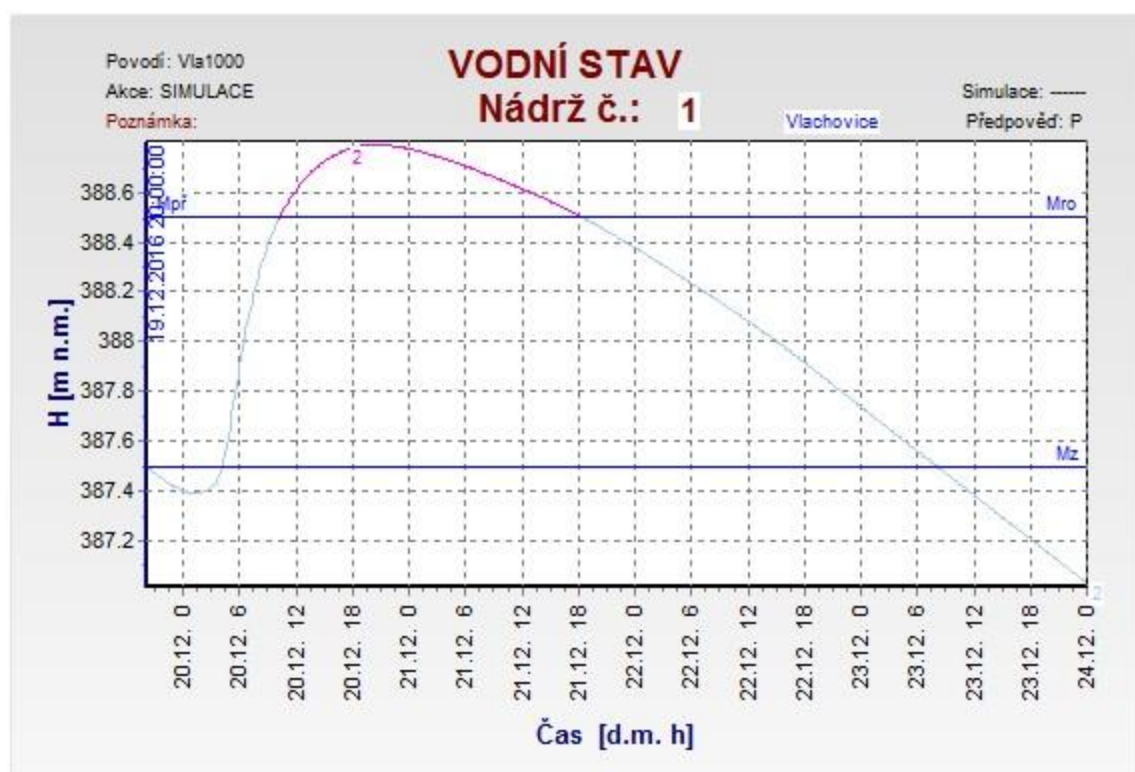
Obrázek 12 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



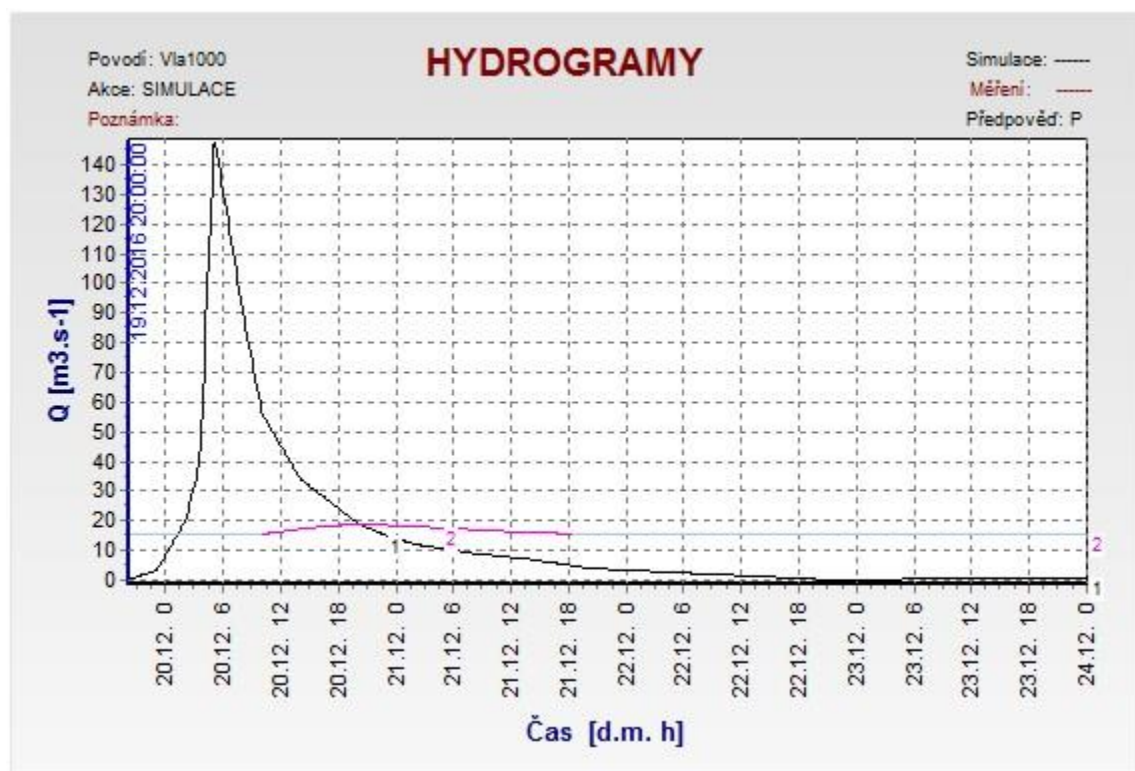
Obrázek 13 - PV 1 000 bez spodních výpustí.



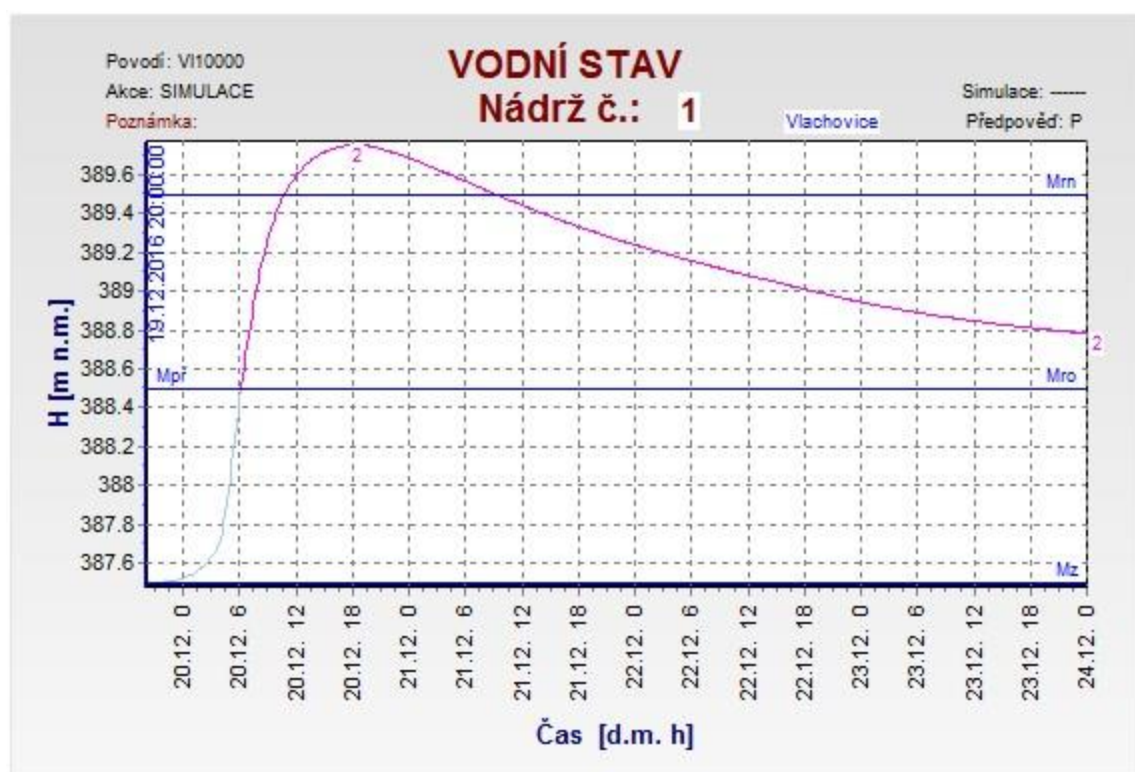
Obrázek 14 - PV 1 000 bez spodních výpustí.



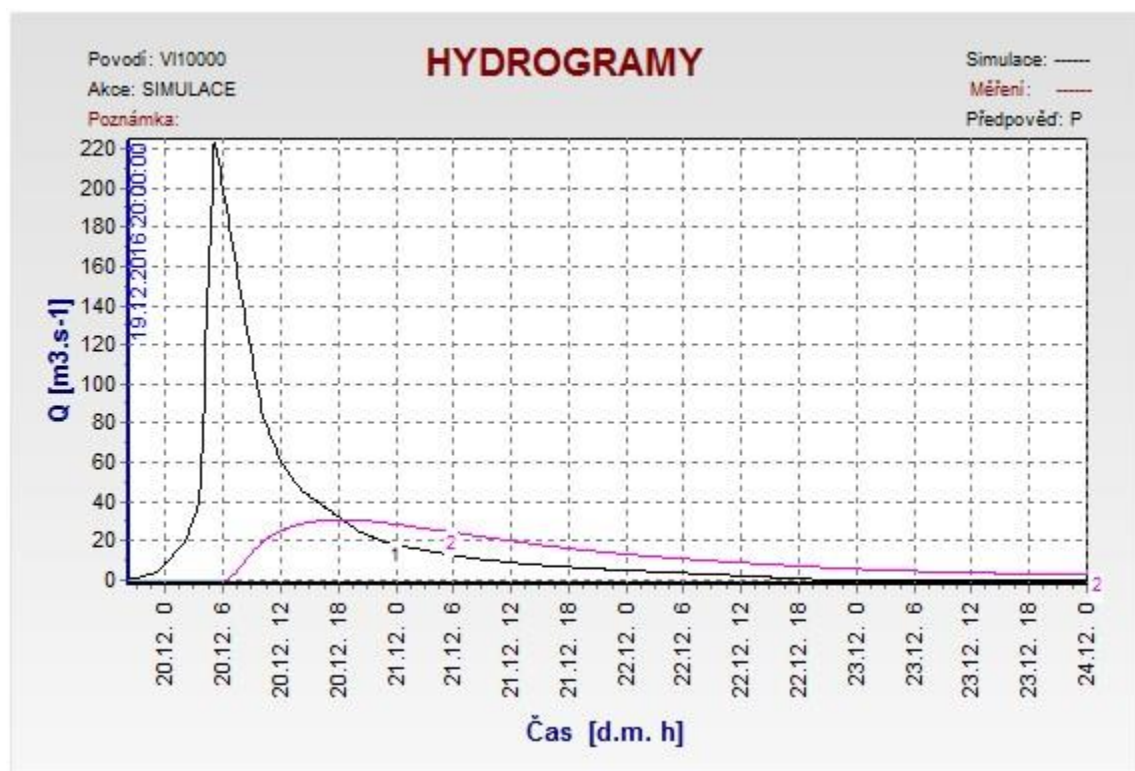
Obrázek 15 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



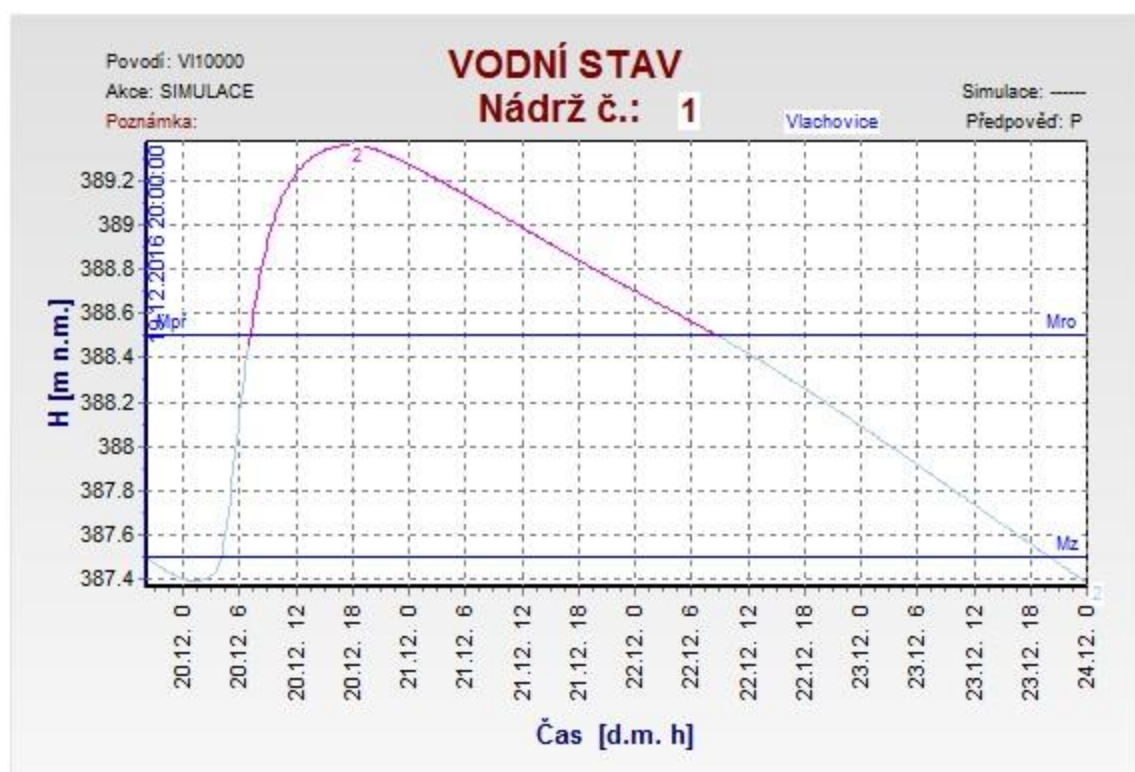
Obrázek 16 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



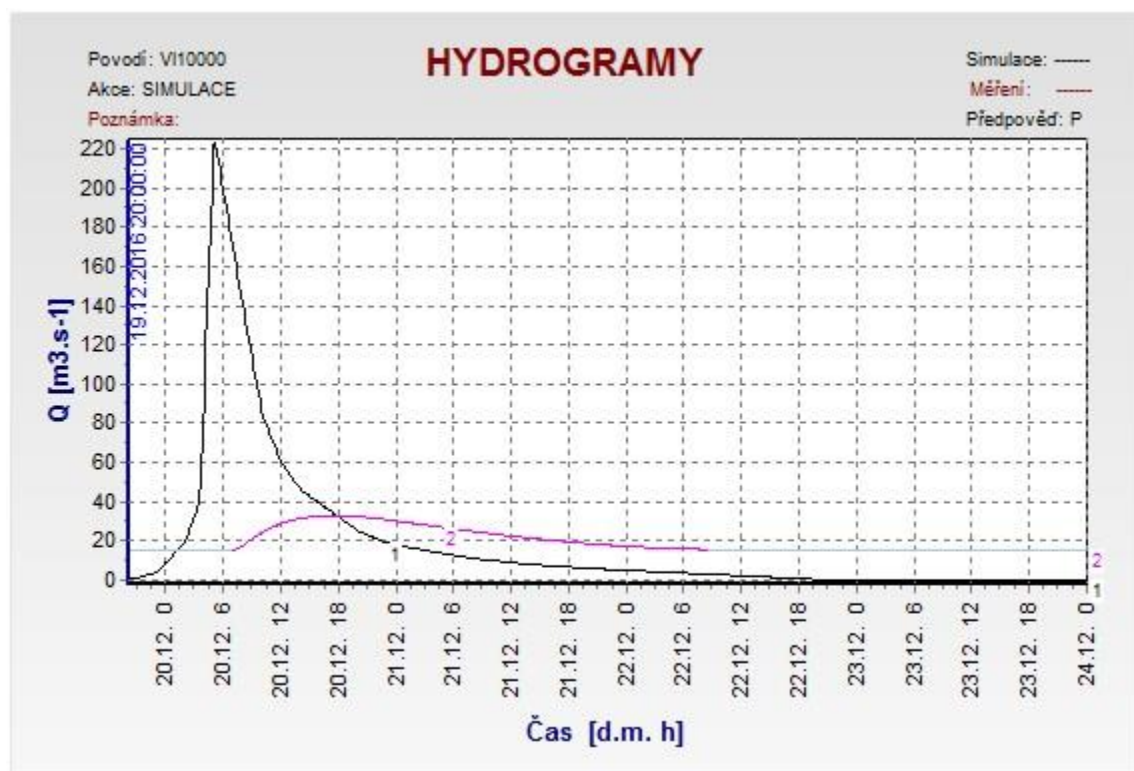
Obrázek 17 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 18 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 19 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



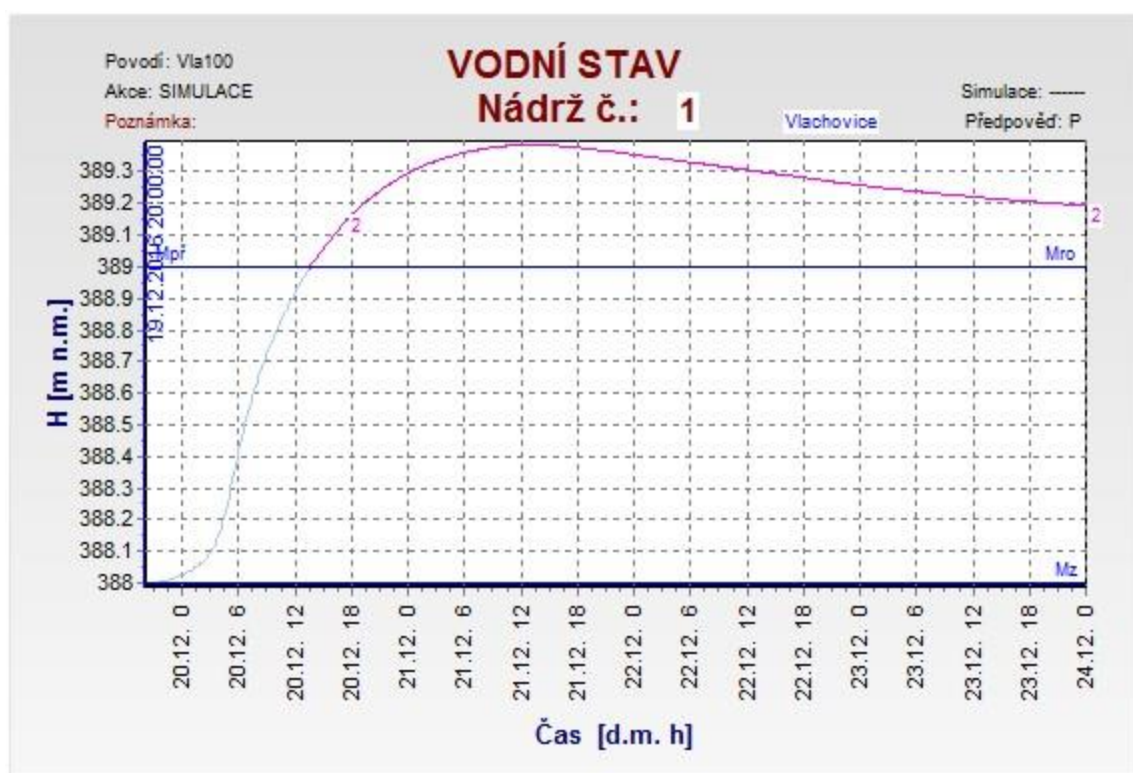
Obrázek 20 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.

V první variantě je hladina zásobního prostoru ve výšce 387,5 m n. m., výška retenčního prostoru ovladatelného je na kótě 388,5 m n. m. a výška hladiny retenčního prostoru neovladatelného je na kótě 389,5 m n. m.

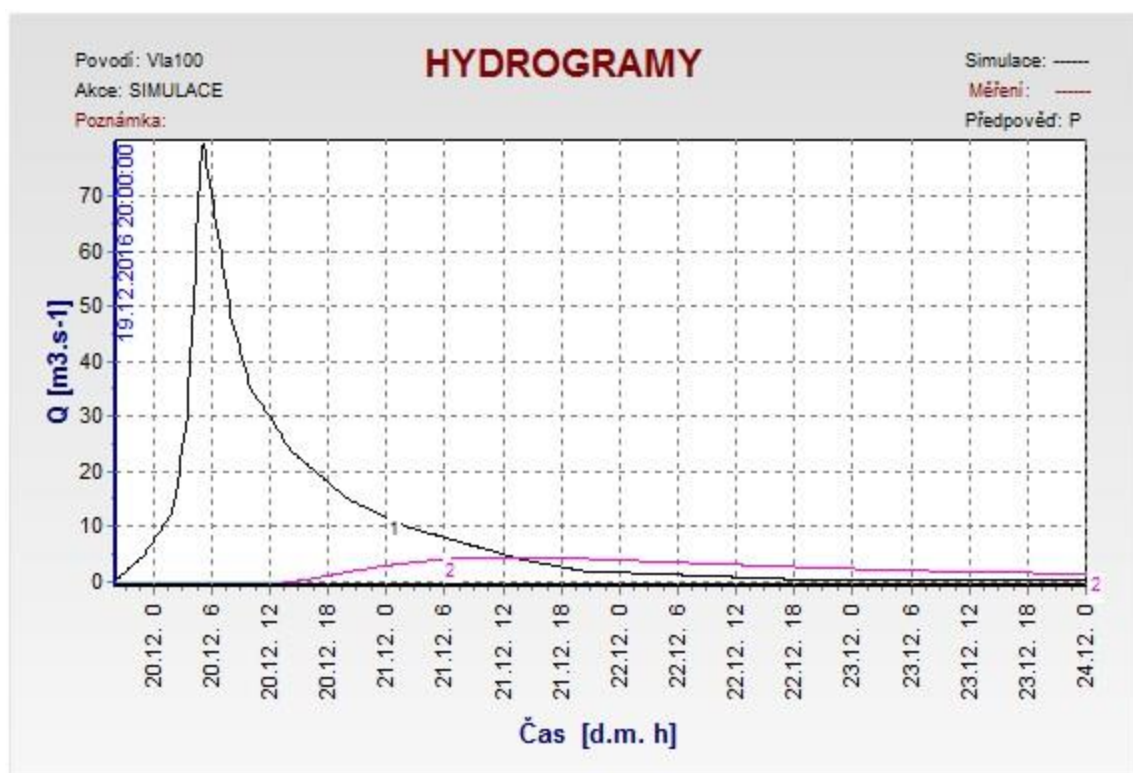
Při transformaci bez výpustí jsme dosáhli maximální hladiny při PV 10 000, a to výšky 389,75 m n. m., což je 0,25 m nad hladinu retenčního prostoru neovladatelného. Při jedné výpusti otevřené se dostaneme na maximální výšku hladiny 389,36 m n. m., která už je pod hladinou retenčního prostoru neovladatelného.

Neškodný odtok z nádrže o velikosti 45,4 m³/s nebyl při žádné z povodňových vln překročen. Maximální hodnota odtoku vody z nádrže byla 33,05 m³/s při PV 10 000 s jednou výpustí otevřenou.

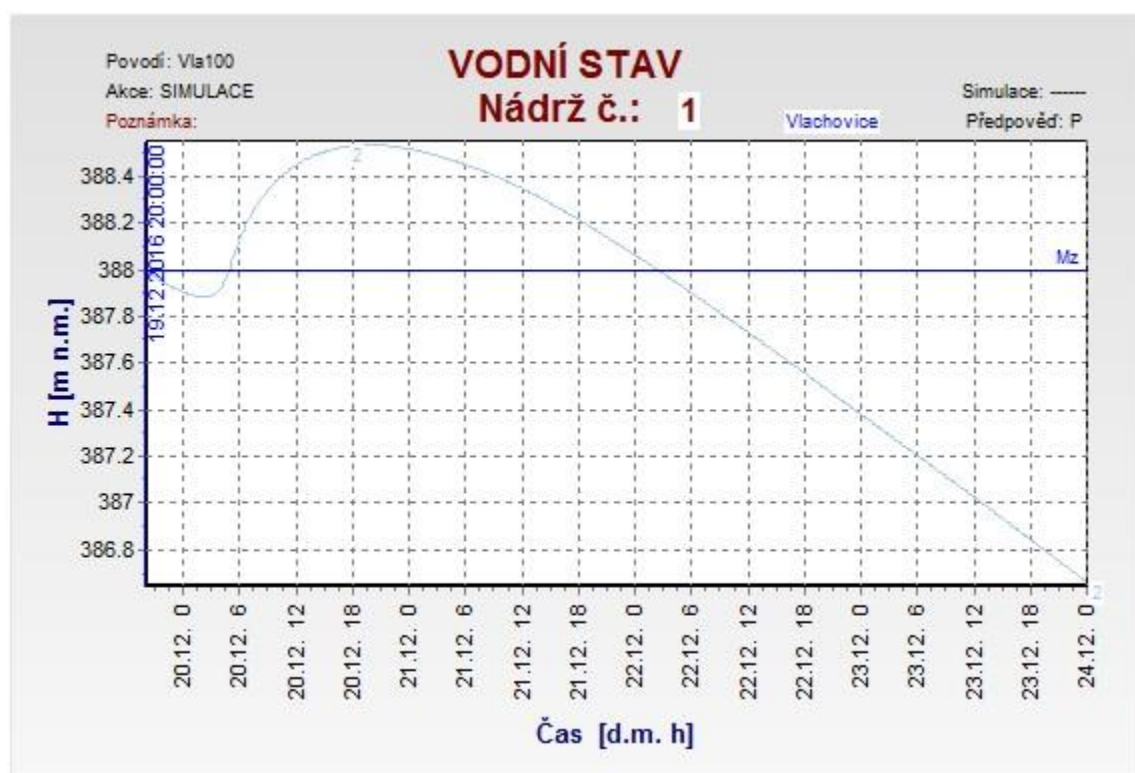
5.2.2. Výsledky transformací 2. Varianta



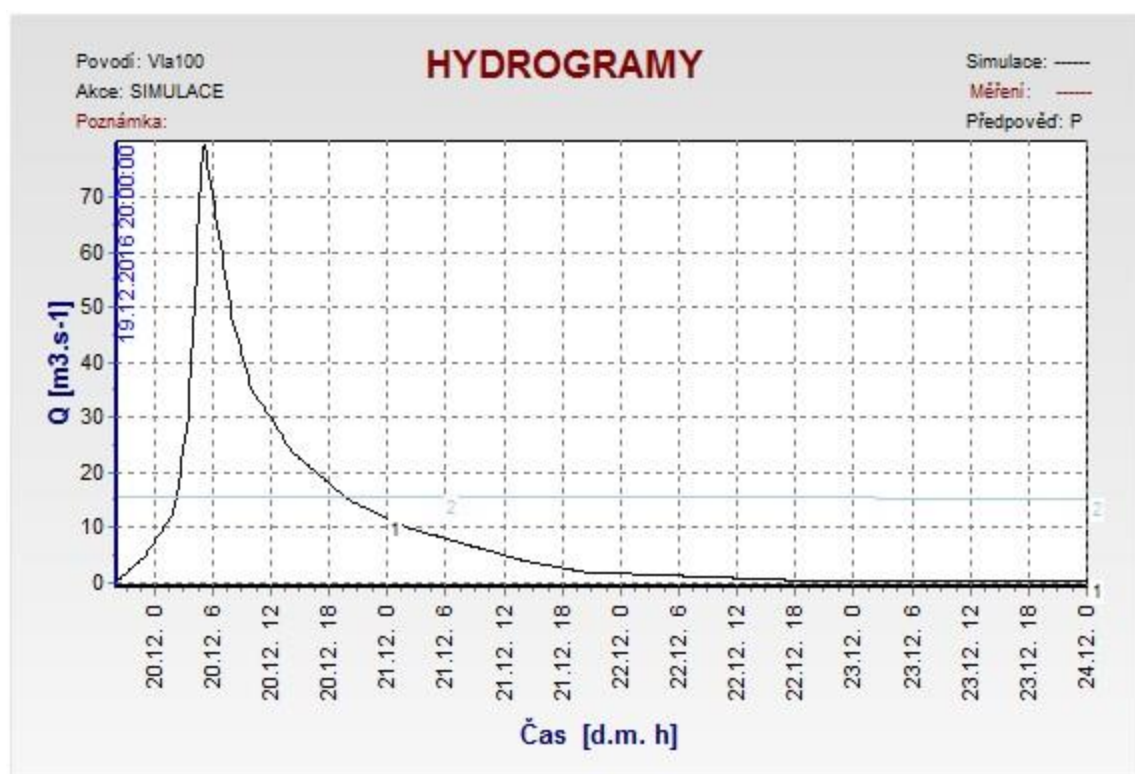
Obrázek 21 - PV 100 bez spodních výpustí.



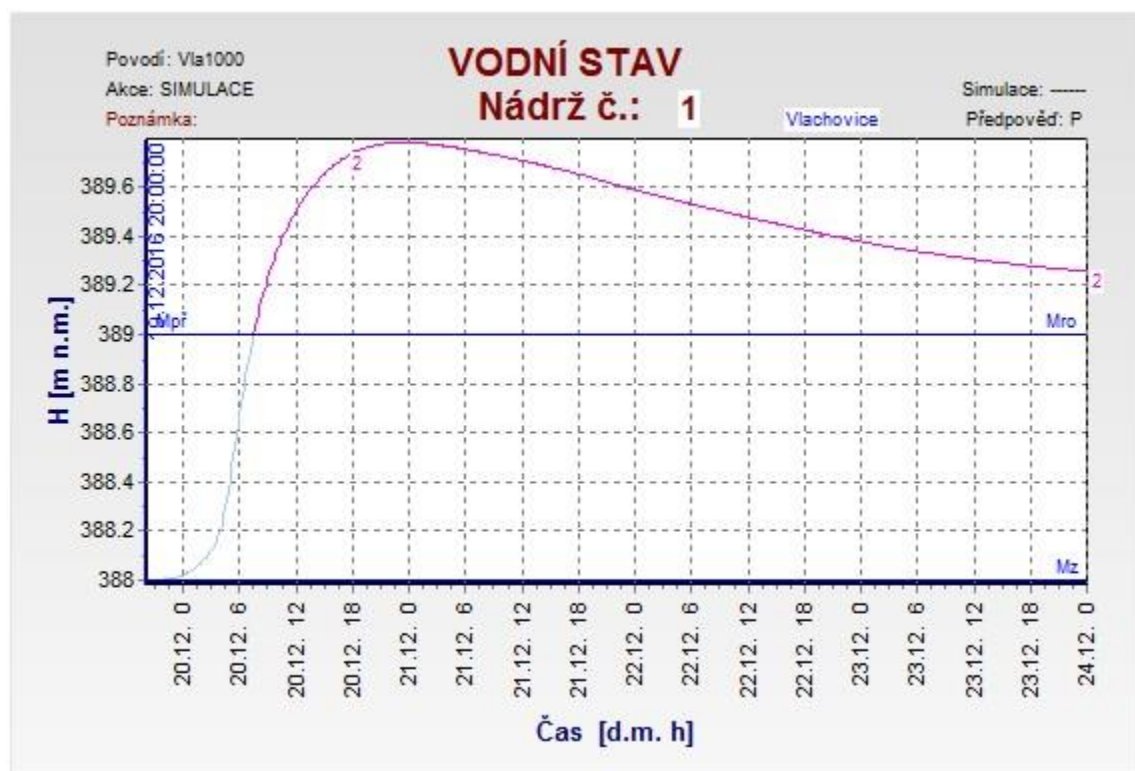
Obrázek 22 - PV 100 bez spodních výpustí.



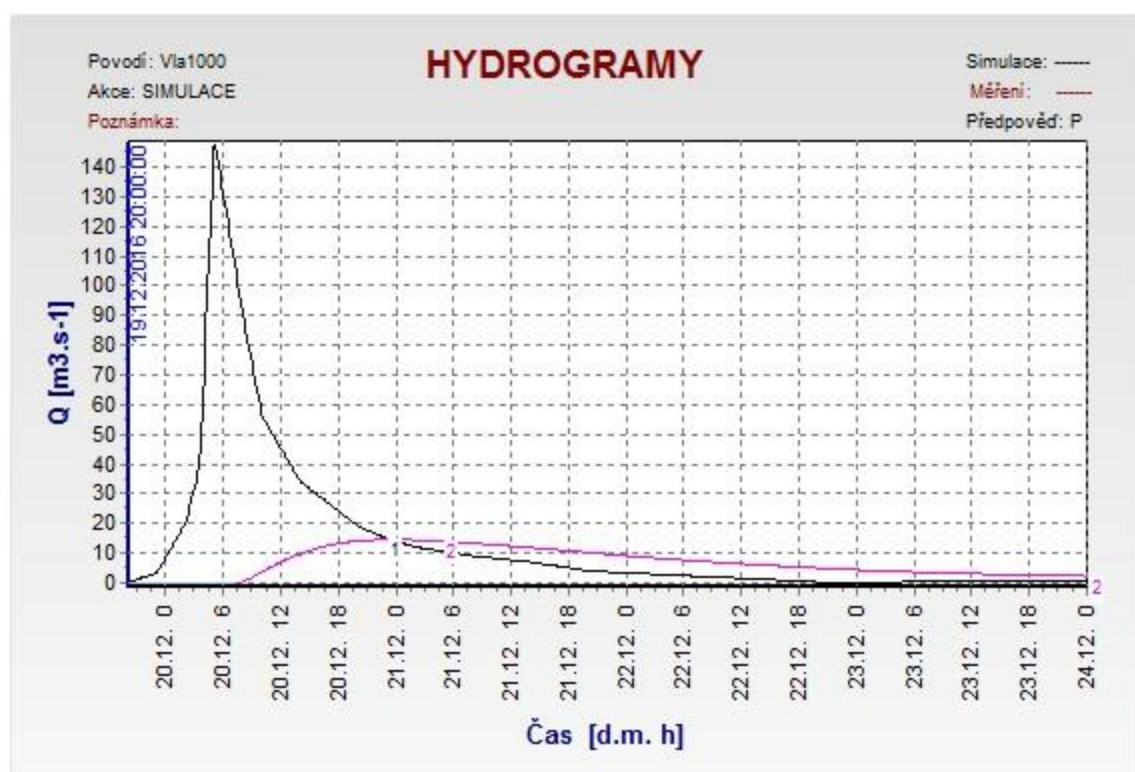
Obrázek 23 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



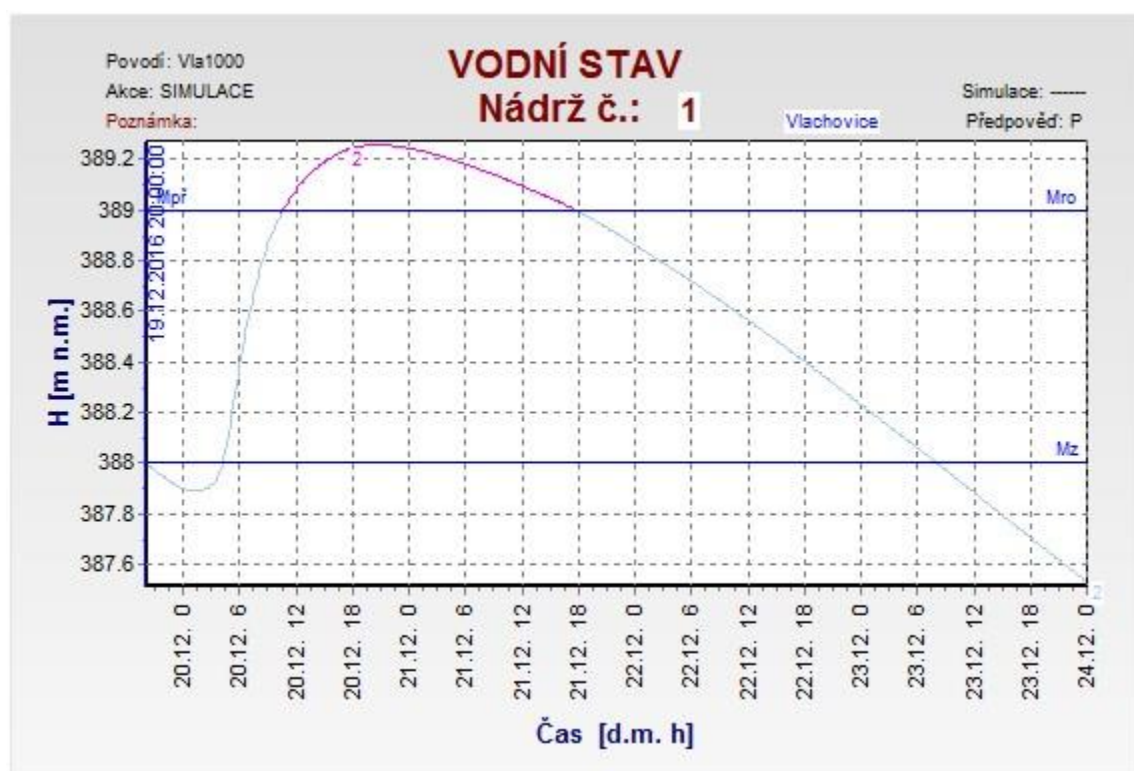
Obrázek 24 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



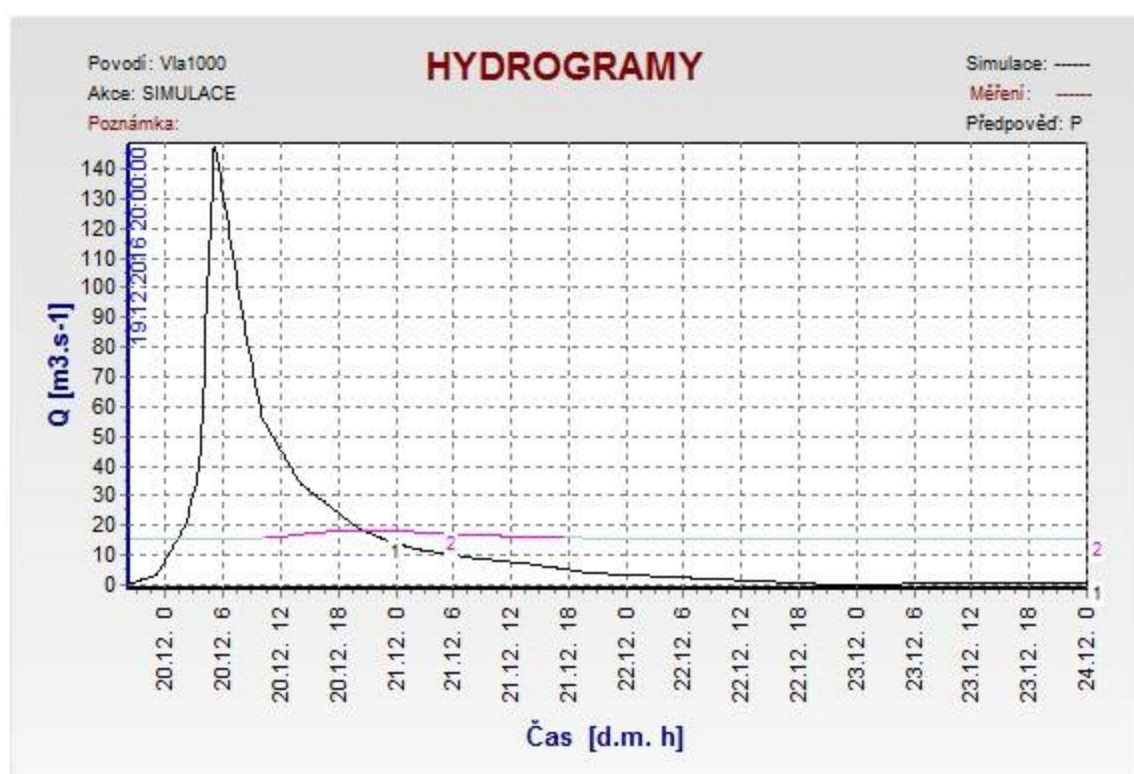
Obrázek 25 - PV 1000 bez spodních výpustí.



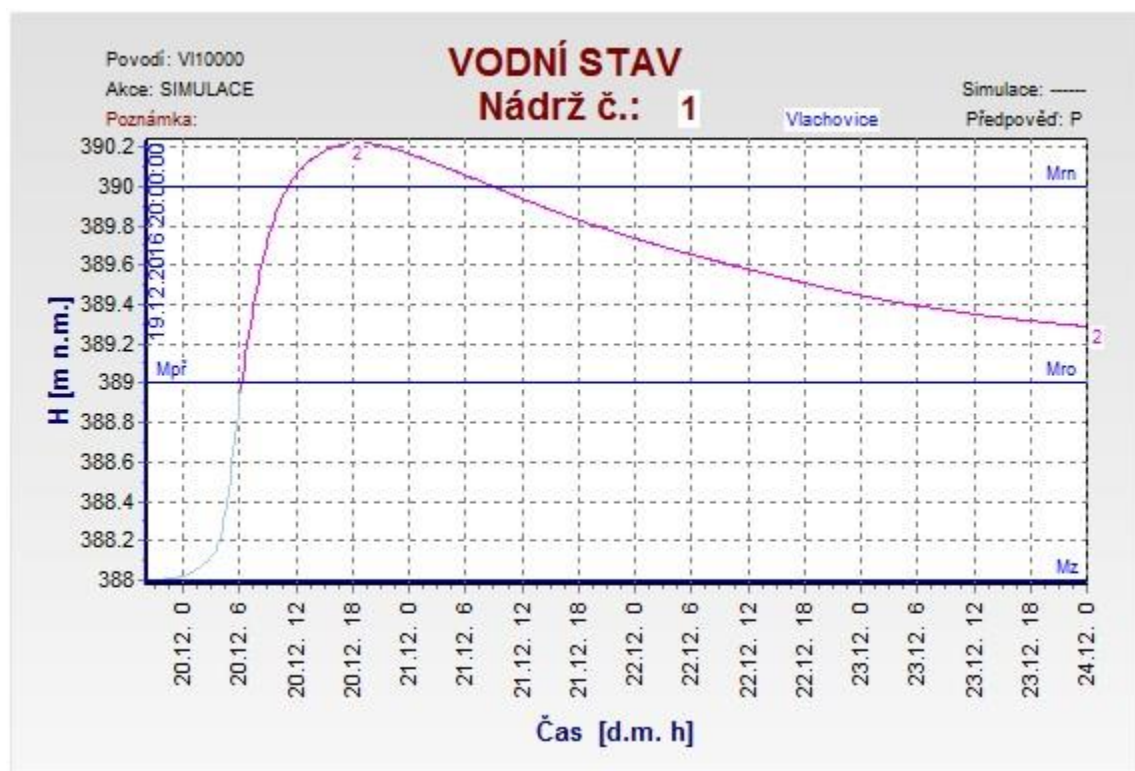
Obrázek 26 - PV 1000 bez spodních výpustí.



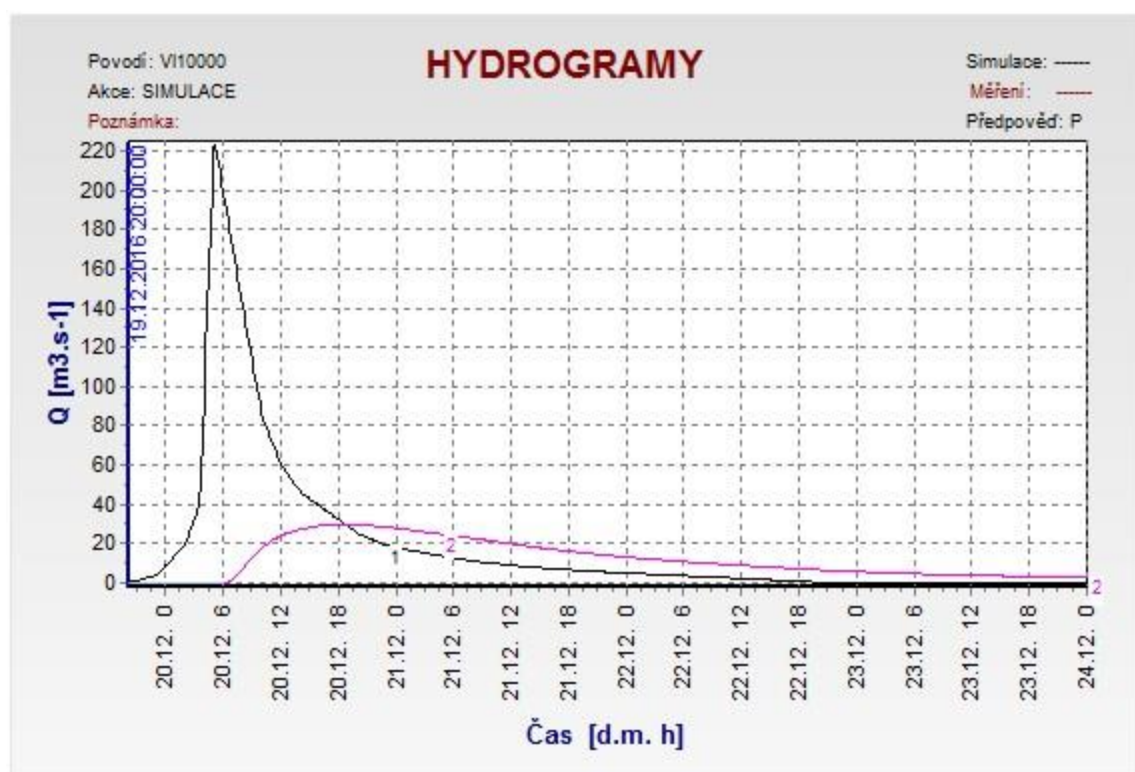
Obrázek 27 - PV 1000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



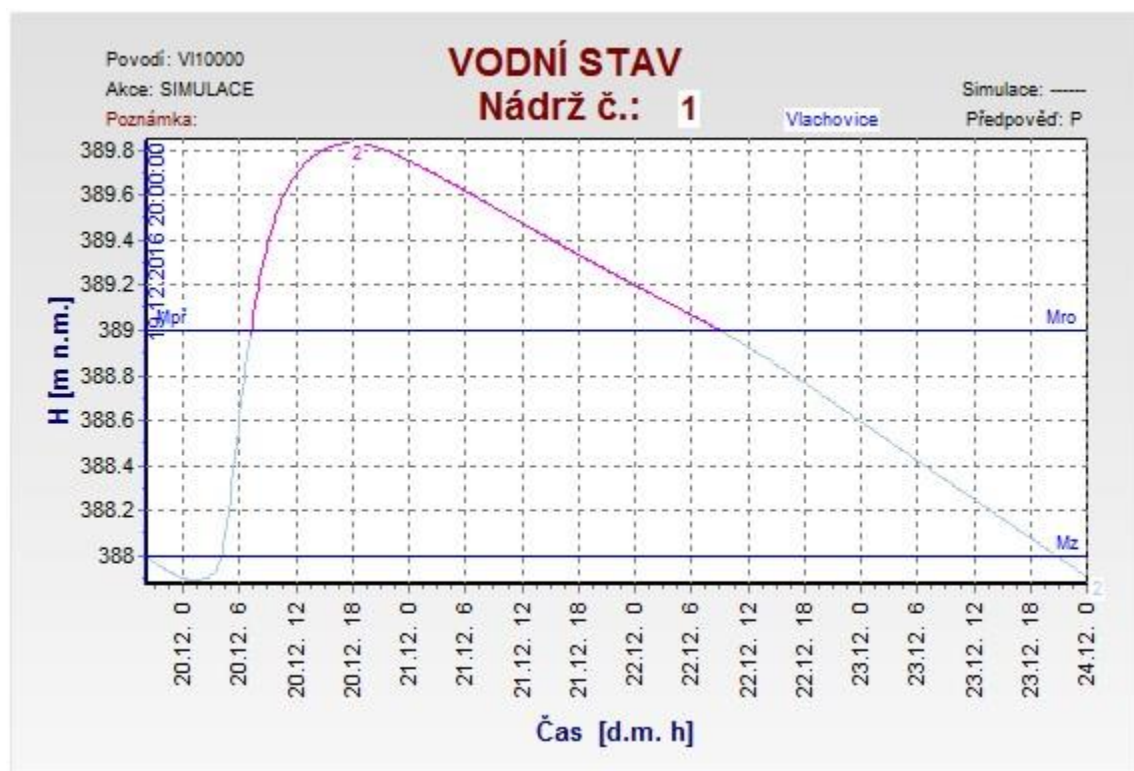
Obrázek 28 - PV 1000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



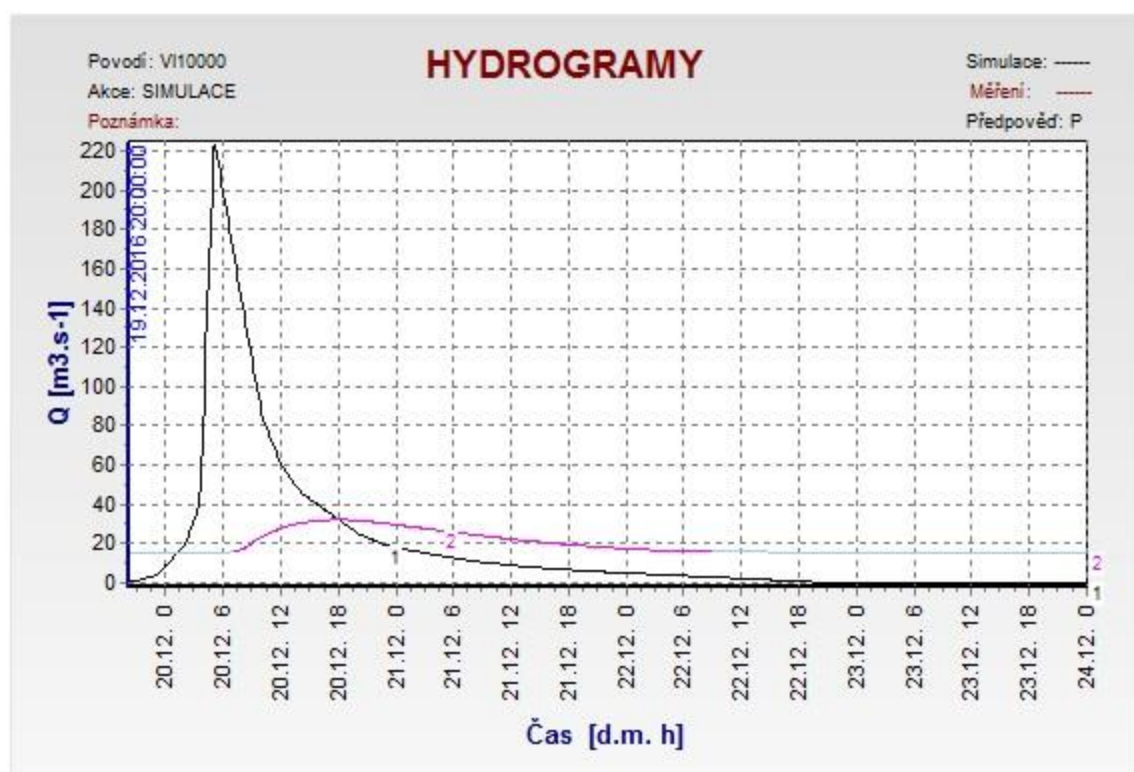
Obrázek 29 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 30 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 31 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



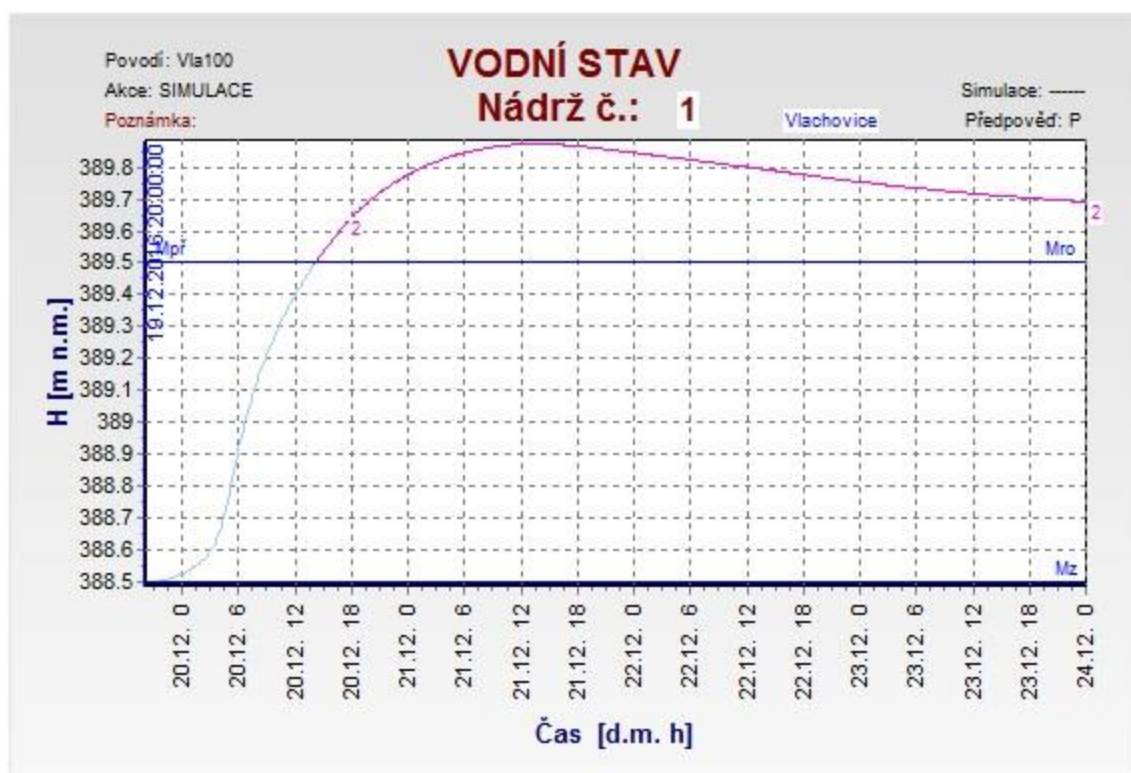
Obrázek 32 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.

Ve druhé variantě je hladina zásobního prostoru ve výšce 388,0 m n. m., výška retenčního prostoru ovladatelného je na kótě 389,0 m n. m. a výška hladiny retenčního prostoru neovladatelného je na kótě 390,0 m n. m.

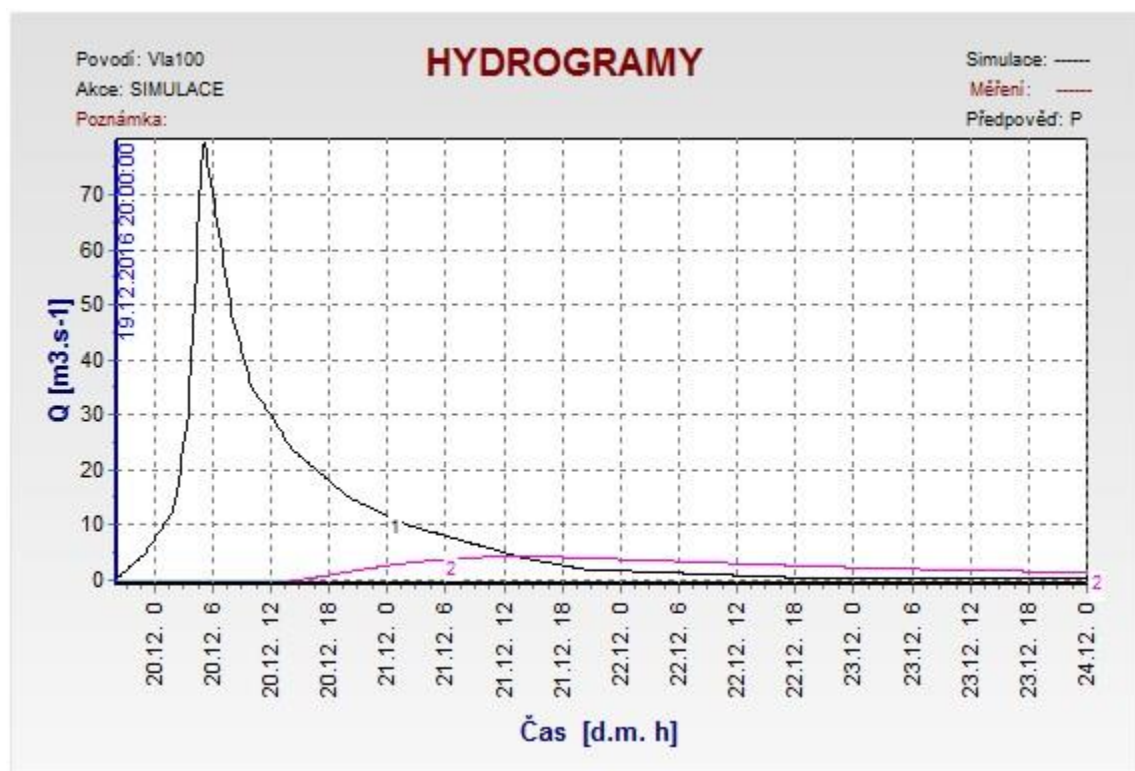
Při transformaci bez výpustí jsme dosáhli maximální hladiny při PV 10 000, a to výšky 390,22 m n. m., což je 0,22 m nad hladinu retenčního prostoru neovladatelného. Při jedné výpusti otevřené se dostaneme na maximální výšku hladiny 389,83 m n. m., která už je pod hladinou retenčního prostoru neovladatelného.

Neškodný odtok z nádrže o velikosti 45,4 m³/s nebyl při žádné z povodňových vln překročen. Maximální hodnota odtoku vody z nádrže byla 32,18 m³/s při PV 10 000 s jednou výpustí otevřenou.

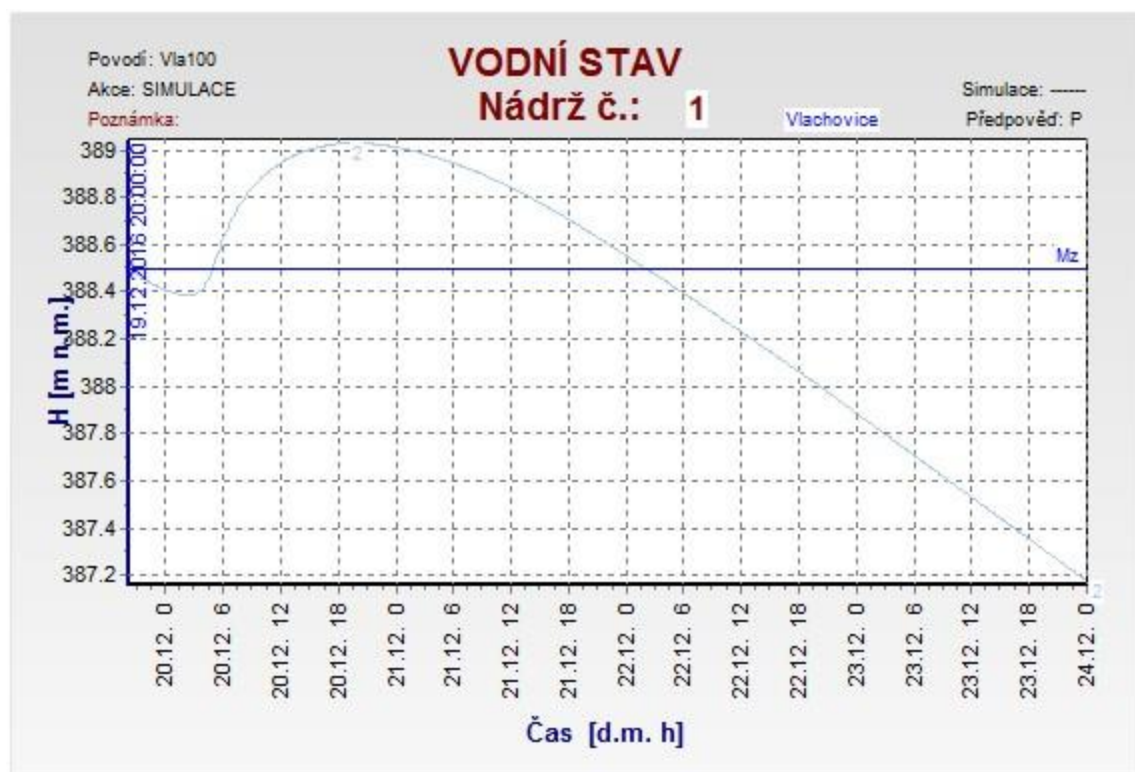
5.2.3. Výsledky transformací 3. Varianta



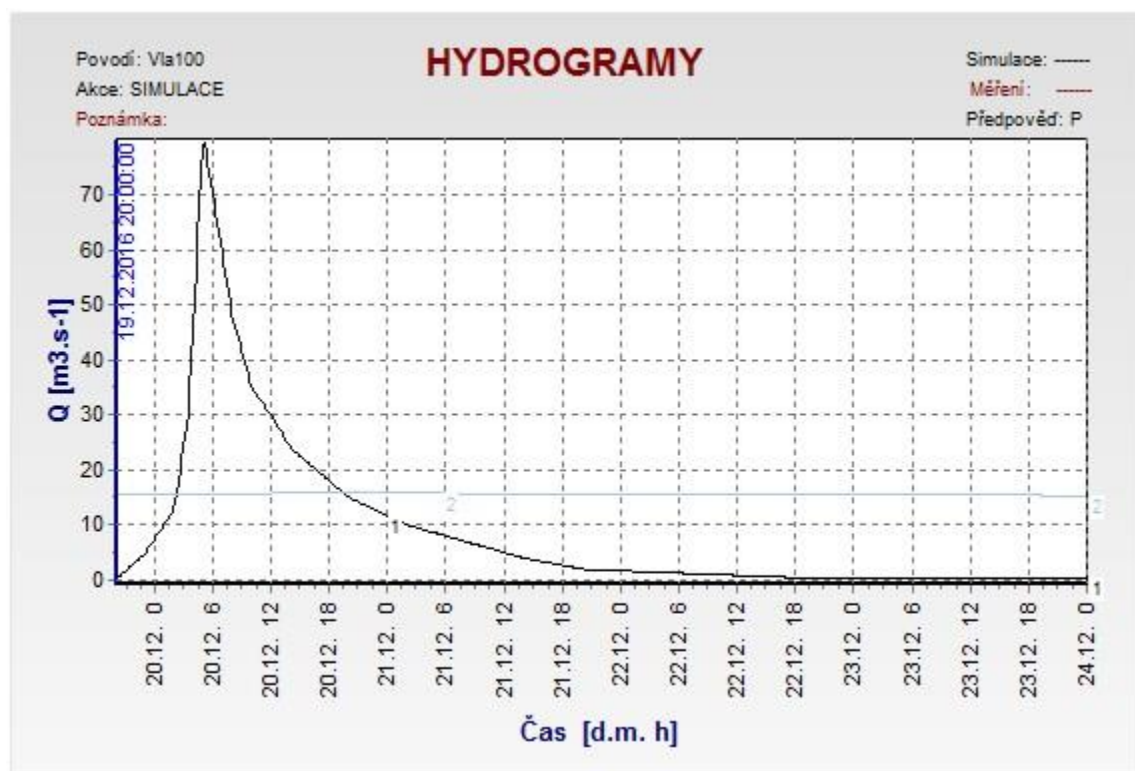
Obrázek 33 - PV 100 bez spodních výpustí.



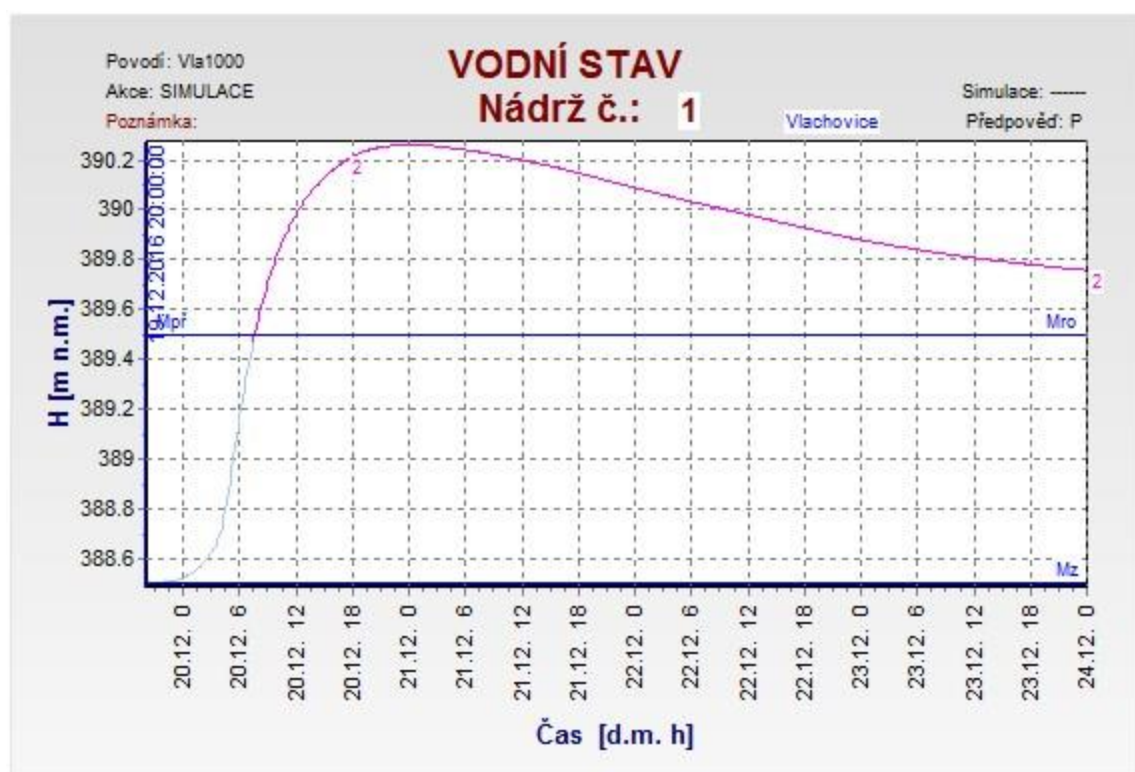
Obrázek 34 - PV 100 bez spodních výpustí.



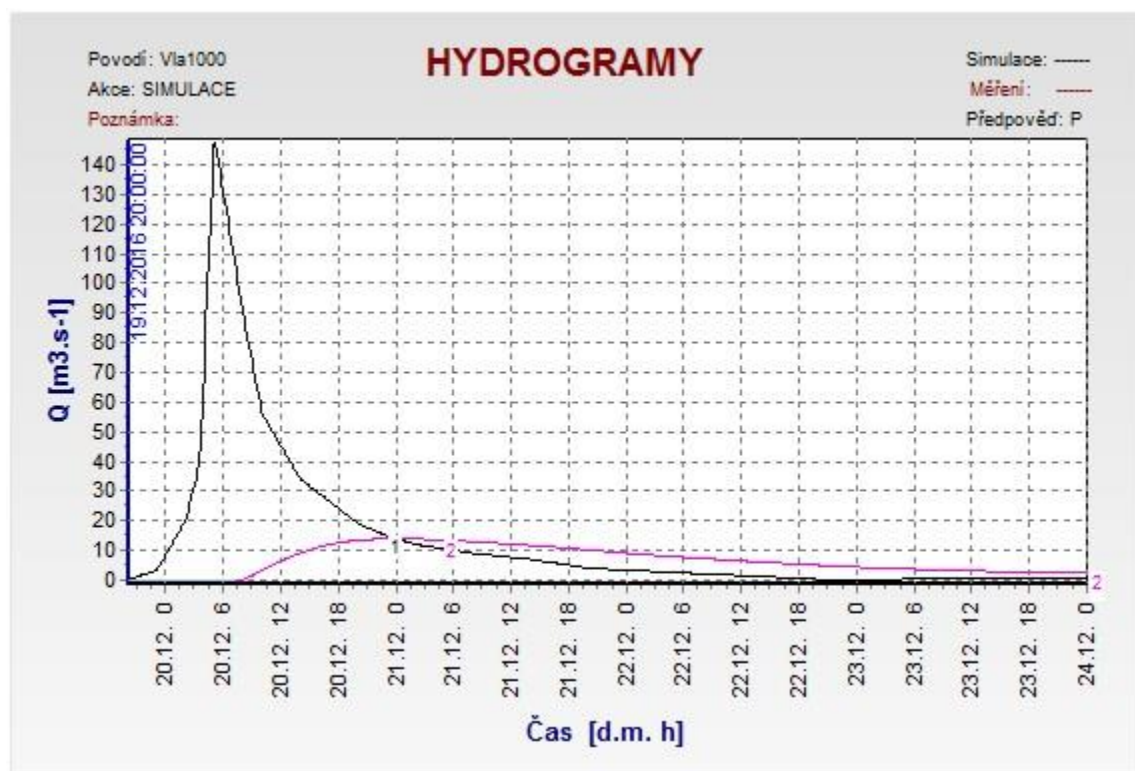
Obrázek 35 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



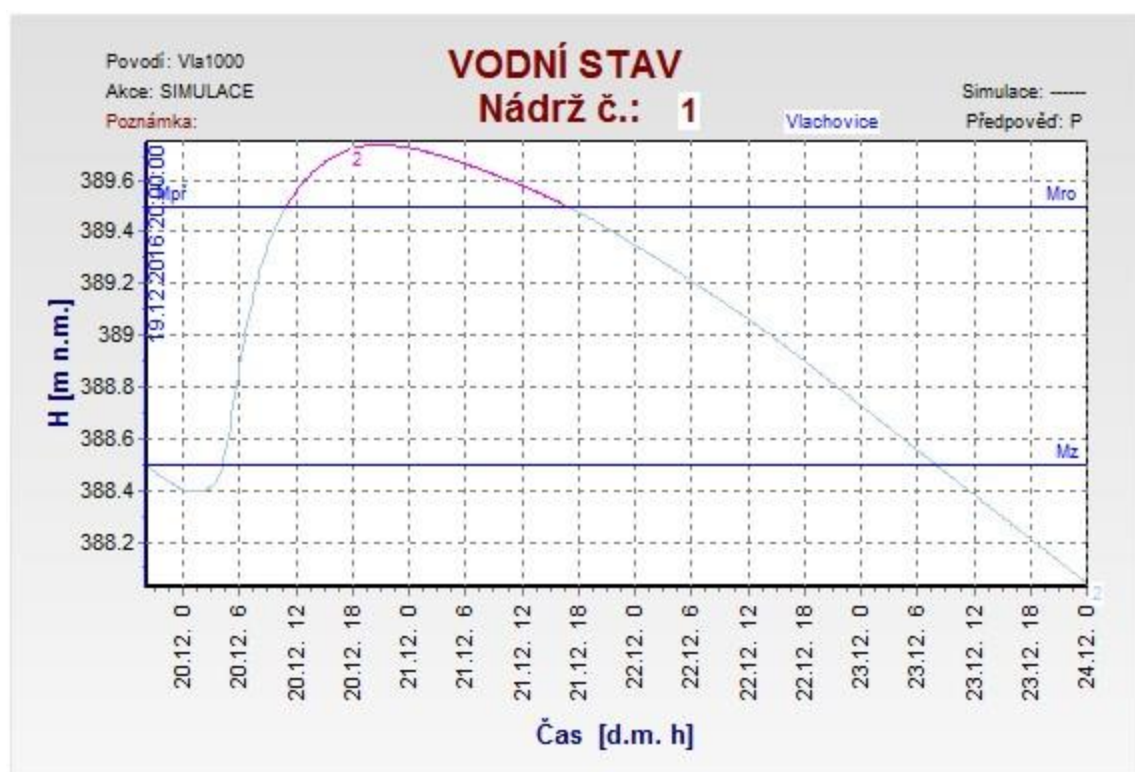
Obrázek 36 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.



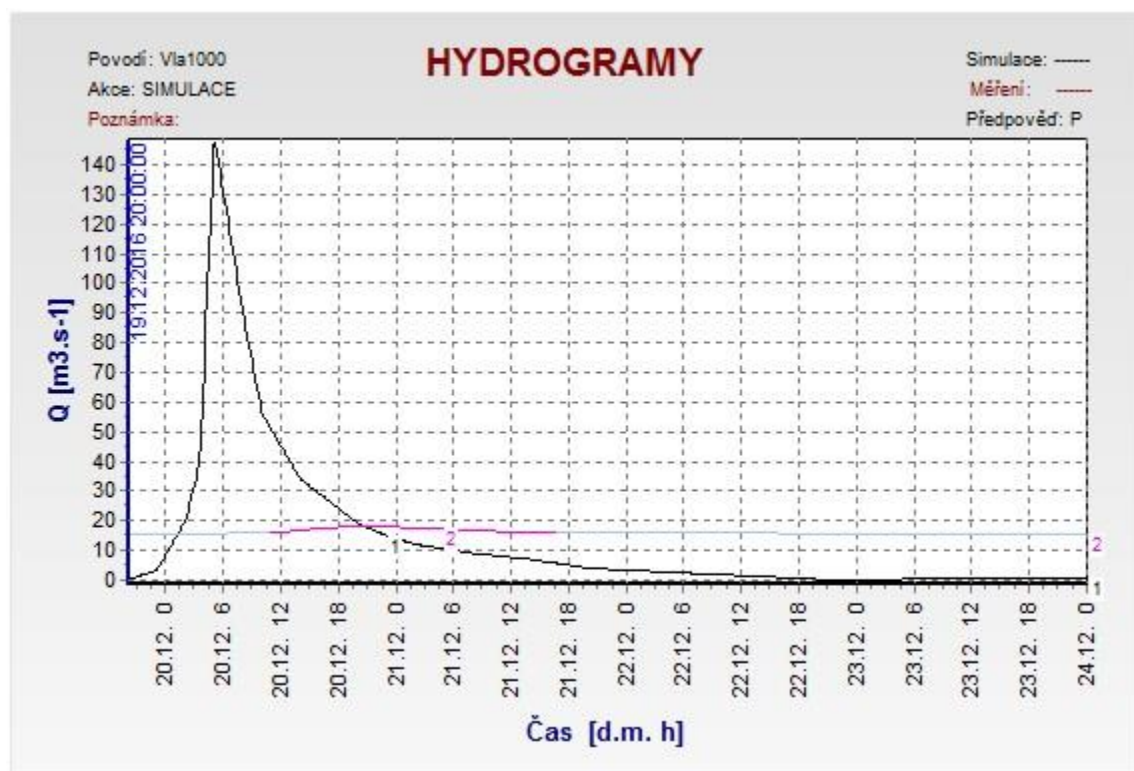
Obrázek 37 - PV 1 000 bez spodních výpustí.



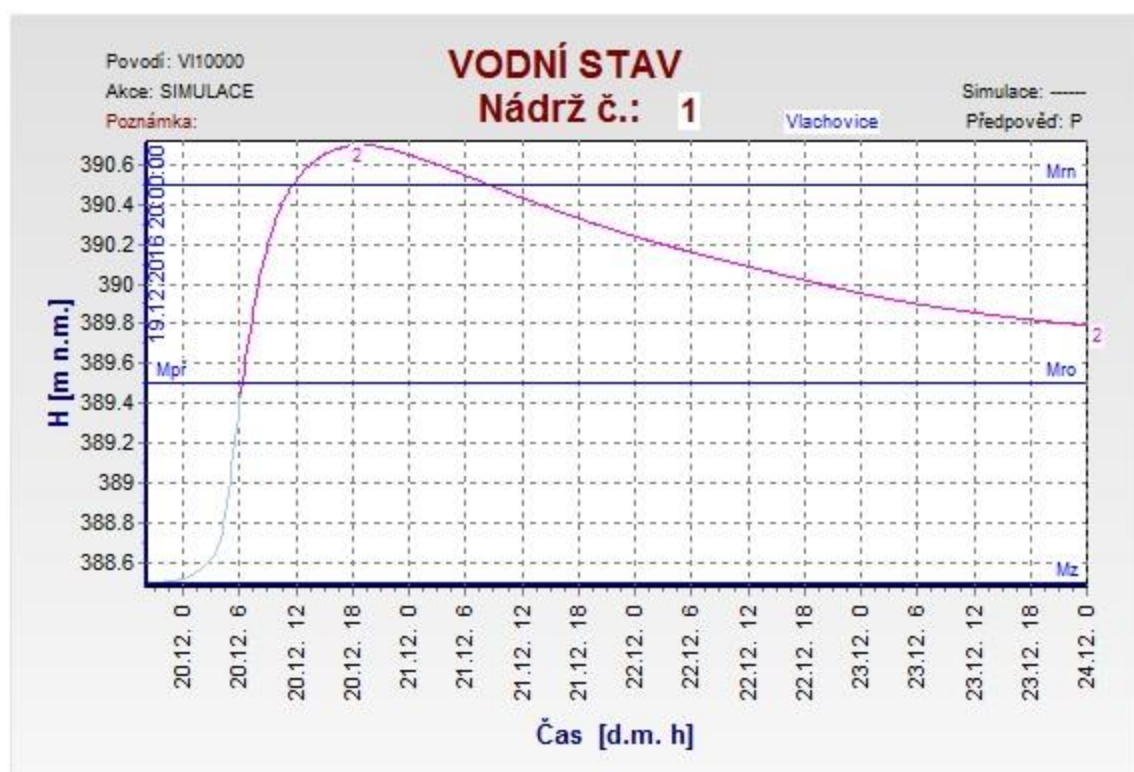
Obrázek 38 - PV 1 000 bez spodních výpustí.



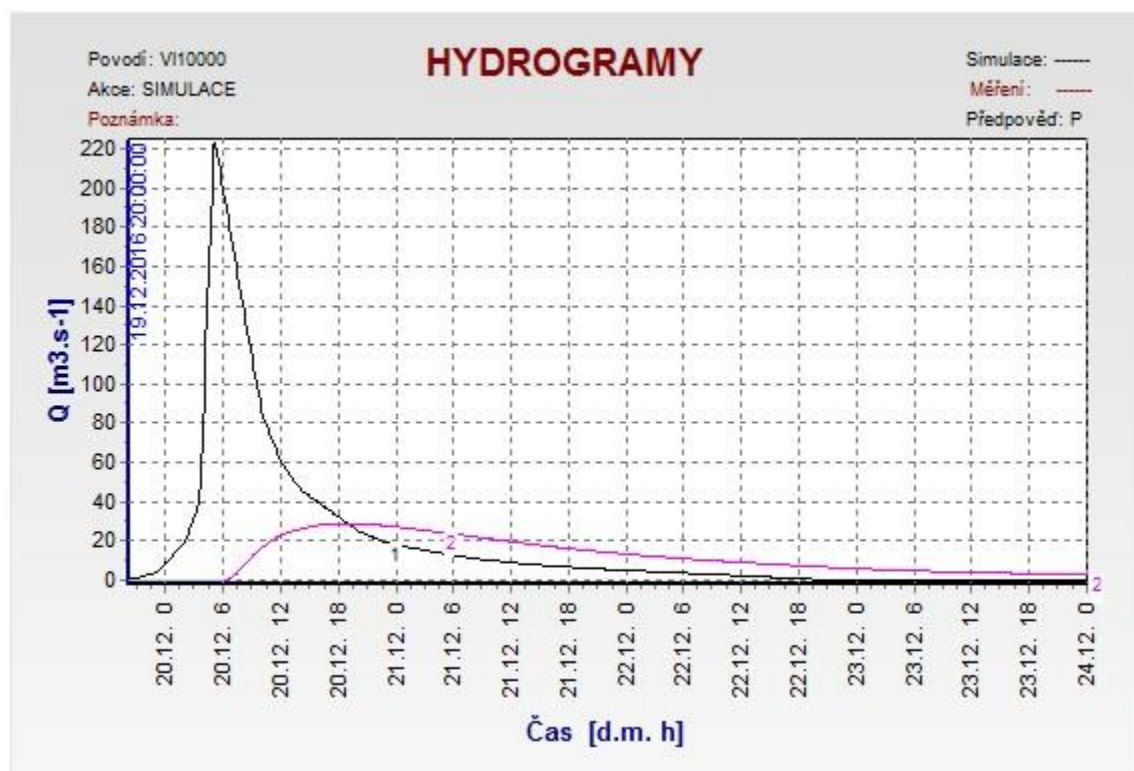
Obrázek 39 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



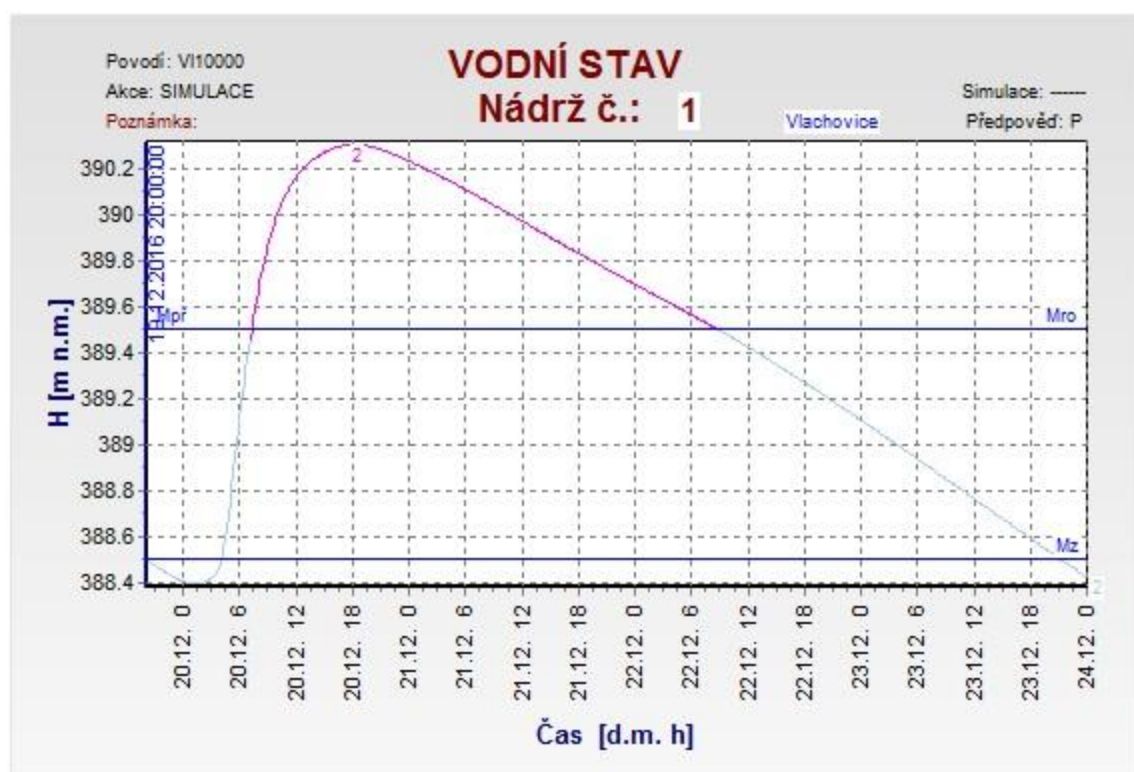
Obrázek 40 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



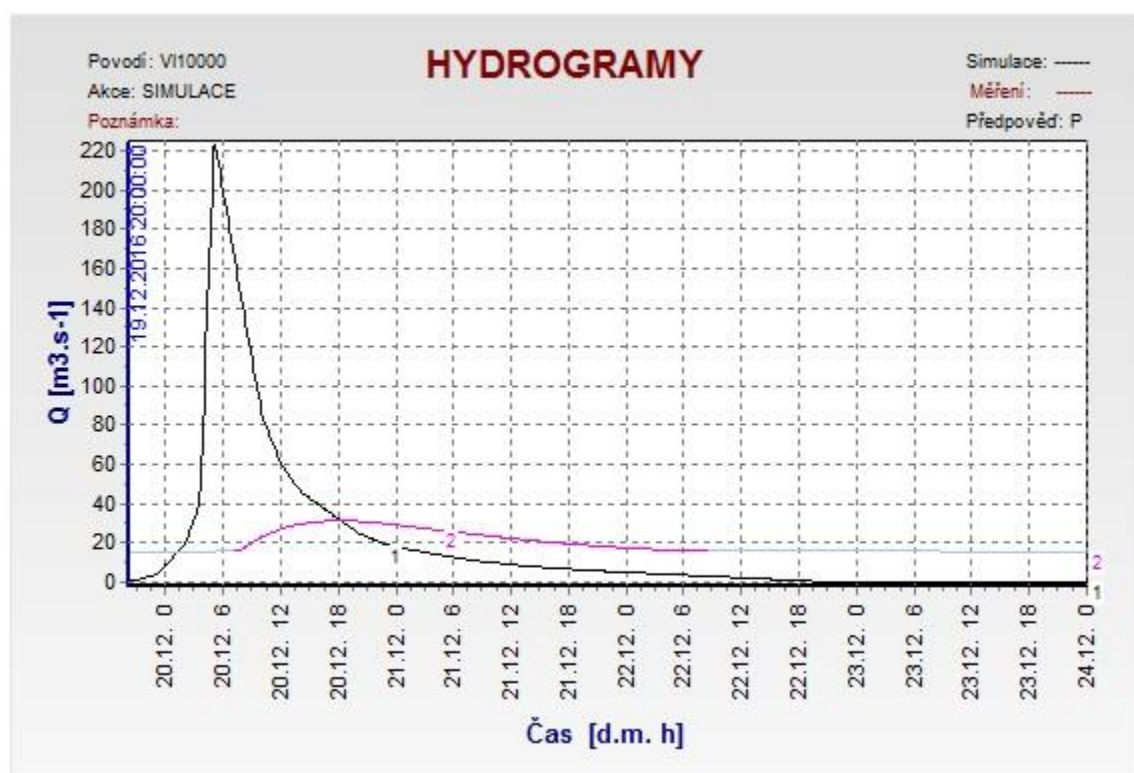
Obrázek 41 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 42 - PV 10 000 bez spodních výpustí.



Obrázek 43 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.



Obrázek 44 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.

Ve třetí variantě je hladina zásobního prostoru ve výšce 388,5 m n. m., výška retenčního prostoru ovladatelného je na kótě 389,5 m n. m. a výška hladiny retenčního prostoru neovladatelného je na kótě 390,5 m n. m.

Při transformaci bez výpustí jsme dosáhli maximální hladiny při PV 10 000, a to výšky 390,70 m n. m., což je 0,20 m nad hladinu retenčního prostoru neovladatelného. Při jedné výpusti otevřené se dostaneme na maximální výšku hladiny 390,31 m n. m., která už je pod hladinou retenčního prostoru neovladatelného.

Neškodný odtok z nádrže o velikosti 45,4 m³/s nebyl při žádné z povodňových vln překročen. Maximální hodnota odtoku vody z nádrže byla 31,41 m³/s při PV 10 000 s jednou výpustí otevřenou.

5.3. Hydroenergetická funkce nádrže

Jako doplňující účel výstavby vodní nádrže je energetické využití. V průměrně vodném roce může taková malá vodní elektrárna, jako obnovitelný zdroj, vyrobit za rok kolem 60 MWh až 70 MWh v závislosti na variantě výpočtu. Výpočet byl proveden pro tři varianty. V první variantě byly přítoky do nádrže pouze z vodního toku Vlára, ve druhé variantě byly do nádrže napojeny gravitačně i okolní toky Sviborka a Smolinka a ve třetí variantě byly okolní toky čerpány do vyšší nadmořské výšky a poté gravitačně do nádrže. Ve výpočtu byla zadána dolní hladina pro spád 353 m n. m. a průměrná účinnost 0,8. Finanční výnos této

elektrárny při ceně 2,94 Kč za jednu KWh by byl při první variantě kolem 185 000 Kč za rok, ve druhé variantě kolem 200 000 Kč za rok a ve třetí variantě kolem 210 000 Kč za rok.

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracovat vodohospodářské řešení zásobní a ochranné funkce nádrže Vlachovice na vodním toku Vlára. Vodohospodářské řešení zásobní funkce bylo vytvořeno v tabulkovém procesoru Microsoft Excel. Pomocí DMT byly vytvořeny v programu QGIS vrstevnice, ze kterých jsou odečítány plochy zátopy. Z ploch zátopy je vytvořena čára zatopených ploch a čára zatopených objemů. Simulační model byl vytvořen dle úlohy 2. typu, ve kterém byla pomocí dostupných funkcí vytvořena posloupnost aritmetických a logických algoritmů umožňujících simulovat provoz nádrže. Provoz zásobní funkce byl řešen v měsíčním kroku. Řešení bylo provedeno v historické průtokové řadě průměrných měsíčních průtoků vodním tokem v délce 46 let. Všechny přítoky do nádrže jsou počítány ze vstupní průtokové řady vodního toku Vlára v profilu LG Popov poměrově k velikosti plochy povodí nad vodní nádrží nebo nad místem odběru u Smolinky a Sviborky. Snahou bylo najít co nejvhodnější řešení nádrže, aby byla plocha rozlivu nádrže co nejmenší a zároveň, aby byl umožněn co největší odběr vody při požadované zabezpečení 99,5 %.

Při porovnání výsledných hodnot zásobních prostorů při různých výškách hladiny stálého nadržení je vidět, že i když hodnotu hladiny stálého nadržení posuneme o 5 metrů výš, tak se výsledky výšky zásobních prostorů skoro nemění. Z tohoto důvodu je výška hladiny stálého nadržení dána na kótu 365 m n. m.

V diplomové práci jsou při hledání zásobního objemu zpracovány tři varianty z důvodu nalezení nejvhodnějšího řešení. V první variantě je pro přítok vody do nádrže zvolen pouze vodní tok Vlára, ve druhé a třetí variantě jsou k Vláře přidány ještě přítoky z vedlejších toků Sviborky a Smolinky s tím rozdílem, že u druhé varianty je přítok vody do nádrže řešen pouze gravitačně na rozdíl od třetí varianty, kde je přítok řešen nejdříve čerpáním vody do vyšších poloh, a poté již gravitačně do nádrže.

Při porovnání všech tří variant se jeví jako nejvhodnější třetí varianta, kde je hladina zásobního prostoru na kótě 388,5 m n. m. a velikost nalepšeného odtoku je 0,48 m³/s. Nevýhoda této varianty je, že bude pravděpodobně i nákladnější než ostatní varianty. Proto při výběru vhodné varianty bude záležet na výšce požadavku nalepšeného odtoku vody z nádrže a na dostupných financích.

Potenciál hydroenergetické funkce nádrže v průměrně vodním roce je možno odhadovat při průměrné účinnosti 0,80 na 60 MWh až 70 MWh. Finanční výnos této elektrárny při ceně 2,94 Kč za jednu KWh by byl 185 000 Kč až 210 000 Kč za rok.

Koryto Vlára je kapacitní na průtok velikosti Q_{20} , kdy nevzniká žádné významné povodňové nebezpečí. Z tohoto důvodu je velikost neškodného odtoku stanovena hodnotou Q_{20} , která je 45,4 m³/s. Při dimenzování spodních výpustí na neškodný odtok vyšla velikost spodních

výpustí 2 x DN1400 při 85 % otevření. Při návrhu šířky bezpečnostního přelivu byla provedena série výpočtů varianty 2 (střední hodnota výšky hladiny zásobního prostoru oproti 1. a 3. variantě) pro PV 100 při uzavřených výpustech. Při postupném zmenšování šířky bezpečnostního přelivu vyšla jako nejvhodnější hodnota 10 m, při nižších hodnotách by jsme se již dostali nad hladinu retenčního prostoru neovladatelného.

V každé variantě 1 až 3 byly provedeny výpočty transformace povodňových vln pro PV 100, PV 1 000 a PV 10 000, nejdříve s oběma výpustěmi uzavřenými a následně s jednou výpustí otevřenou. Všechny simulace jsou koncipovány tak, že se transformace zahajuje na úrovni maximální zásobní hladiny v nádrži. Maximální hladina se ve skutečnosti vyskytuje jen zřídka kdy, proto je na výsledky transformací nutno pohlížet tak, že se jedná o extrémní případy s poměrně malou pravděpodobností výskytu, a tedy i s vysokou mírou bezpečnosti.

Hladina retenčního prostoru byla překročena ve všech třech variantách pouze při PV 10 000, kdy byly obě výpusti uzavřené. Tomu by se zabránilo otevřením jedné výpusti. Neškodný odtok z nádrže o velikosti $45,4 \text{ m}^3/\text{s}$ nebyl překročen v žádné variantě.

7. Seznam použitých zdrojů

Starý, M. *Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01)*. Brno: VUT, 2006. 120 s.

Říha, J. a kol. *Hydrotechnické stavby II*. Brno: VUT, 2006, 103 s.

AQUATIS a.s. *Technicko – ekonomické studie vodního díla Vlachovice na vodním toku Vlára: Investiční záměr*. Brno, 2015.

Menšík, P.; Starý, M.; Marton, D. *Using Predictive Model of Mean Monthly Flows for Large Open Reservoirs Hydropower Control*. Procedia Engineering, 2014, roč. 89, č. 12, s. 1486-1492. ISSN: 1877- 7058.

Otevřená encyklopedie Wikipedie. Vodní nádrž [online].
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana> [cit. 26. 12. 2016]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

8. Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 - Vyznačení polohy navrhované přehrady, převzato z Mapy.cz.	2
Obrázek 2 - Zatopená plocha vodní nádrže Vlachovice, pro navrhovanou hladinu zásobního prostoru s nadmořskou výškou 388 m n. m.	3
Obrázek 3 - Hydrogramy PV 10 až PV 10 000.	11
Obrázek 4 - Batygrafické čáry.	12
Obrázek 5 - Odběrná místa s cestou napojení do nádrže, varianta 2.	14
Obrázek 6 - Odběrná místa s cestou napojení do nádrže, varianta 3.	15
Obrázek 7 - Graf závislosti výšky zásobního objemu na O_p pro výšku $M_s = 365$ m n. m.	27
Obrázek 8 - Graf závislosti výšky zásobního objemu na O_p pro výšku $M_s = 360$ m n. m.	28
Obrázek 9 - PV 100 bez spodních výpustí.	29
Obrázek 10 - PV 100 bez spodních výpustí.	30
Obrázek 11 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	30
Obrázek 12 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	31
Obrázek 13 - PV 1 000 bez spodních výpustí.	31
Obrázek 14 - PV 1 000 bez spodních výpustí.	32
Obrázek 15 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	32
Obrázek 16 - PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	33
Obrázek 17 - PV 10 000 bez spodních výpustí.	33
Obrázek 18 - PV 10 000 bez spodních výpustí.	34
Obrázek 19 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	34
Obrázek 20 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	35
Obrázek 21 - PV 100 bez spodních výpustí.	36
Obrázek 22 - PV 100 bez spodních výpustí.	36
Obrázek 23 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	37
Obrázek 24 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	37
Obrázek 25 - PV 1000 bez spodních výpustí.	38
Obrázek 26 - PV 1000 bez spodních výpustí.	38
Obrázek 27 - PV 1000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	39
Obrázek 28 - PV 1000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	39
Obrázek 29 - PV 10 000 bez spodních výpustí.	40
Obrázek 30 - PV 10 000 bez spodních výpustí.	40
Obrázek 31 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	41
Obrázek 32 - PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.	41
Obrázek 33 - PV 100 bez spodních výpustí.	42
Obrázek 34 - PV 100 bez spodních výpustí.	43
Obrázek 35 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	43
Obrázek 36 - PV 100 s jednou spodní výpustí otevřenou.	44

Obrázek 37 - <i>PV 1 000 bez spodních výpustí.</i>	44
Obrázek 38 - <i>PV 1 000 bez spodních výpustí.</i>	45
Obrázek 39 - <i>PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.</i>	45
Obrázek 40 - <i>PV 1 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.</i>	46
Obrázek 41 - <i>PV 10 000 bez spodních výpustí.</i>	46
Obrázek 42 - <i>PV 10 000 bez spodních výpustí.</i>	47
Obrázek 43 - <i>PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.</i>	47
Obrázek 44 - <i>PV 10 000 s jednou spodní výpustí otevřenou.</i>	48

9. Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - <i>Přehled vývoje dostupných zdrojů vody podle vodárenských soustav.</i>	4
Tabulka 2 - <i>Přehled vývoje potřeby vody podle vodárenských soustav.</i>	4
Tabulka 3 - <i>Znázornění výpočtu úlohy typu 2.</i>	7
Tabulka 4 - <i>Hydrologické podklady pro profil LG Popov.</i>	10
Tabulka 5 - <i>Hydrologické podklady pro profil přehrada.</i>	11
Tabulka 6 - <i>Variantu 1 s přítokem pouze z Vlárky.</i>	17
Tabulka 7 - <i>Variantu 2 s přítokem z Vlárky a gravitačně ze Sviborky a Smolinky.</i>	18
Tabulka 8 - <i>Variantu 3 s přítokem z Vlárky a čerpání ze Sviborky a Smolinky.</i>	19
Tabulka 9 - <i>Výpočet výkonu hydroenergetického zdroje, vyrobené energie a výsledné ceny za jeden měsíc.</i>	21
Tabulka 10 - <i>Vstupní parametry pro výpočet transformace.</i>	22
Tabulka 11 - <i>Výšky hladin zásobního prostoru pro první variantu.</i>	23
Tabulka 12 - <i>Výšky hladin zásobního prostoru pro druhou variantu s kótou hladiny stálého nadržení ve výšce 365 m n. m.</i>	24
Tabulka 13 - <i>Výšky hladin zásobního prostoru pro druhou variantu s kótou hladiny stálého nadržení ve výšce 360 m n. m.</i>	24
Tabulka 14 - <i>Výšky hladin zásobního prostoru pro třetí variantu.</i>	25